

Heide Inhetveen

**Die Reform
des gymnasialen
Mathematikunterrichts
zwischen
1890 und 1914**

Eine sozioökonomische Analyse

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHETVEEN:
DIE REFORM DES GYMNASIALEN MATHEMATIKUNTERRICHTS

ERLANGER PÄDAGOGISCHE STUDIEN

Herausgegeben von
Prof. Dr. Wolfgang Sünkel

Die Reform des Gymnasialen Mathematikunterrichts
zwischen 1890 und 1914 - Eine sozioökonomische Analyse

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

im Fachbereich Philosophie, Geschichte und
Sozialwissenschaften
der Friedrich-Alexander-Universität
zu Erlangen-Nürnberg



vorgelegt von

Heide Inhetveen

aus

Neumarkt/Opf.

Erlangen 1976



Tag der mündlichen Prüfung: 2.3.1976

Dekan: Universitätsprofessor Dr. M. Stürmer

Referent: Universitätsprofessor Dr. W. Sünkel

Korreferent: Universitätsprofessor Dr. W.L. Fischer

V o r w o r t

Die Beschäftigung mit theoretischen Fragen des Mathematikunterrichts entsprang ursprünglich meinem Wunsch, die eigene Schulpraxis weitergehend und umfassender zu reflektieren, als es mir während des Fachstudiums, der pädagogischen Ausbildungsphase und des Schulalltags möglich gewesen ist. Dieses Anliegen konkretisierte sich in zahlreichen Seminaren, in denen der Ausbildungssektor unter sozial- und erziehungsgeschichtlichen, bildungsökonomischen und fachspezifischen Gesichtspunkten analysiert wurde. Insbesondere wurde mir dabei die Relevanz sorgfältiger historisch-systematischer Untersuchungen des Mathematikunterrichts deutlich, schien doch gerade hier das Defizit an Analysen, die über einen engen fachwissenschaftlichen Horizont hinaus den gesamtgesellschaftlichen Kontext mitberücksichtigen, besonders groß. Beim ersten intensiven Einstieg zeigte sich, daß das Thema zeitlich erheblich eingegrenzt werden mußte, sollte der Anspruch auf eine historisch detaillierte und methodisch voll ausgeführte Arbeit nicht aufgegeben werden. Ich habe mich dann zur Analyse der "Meraner Reform" des Mathematikunterrichts zwischen 1890 und 1914 entschlossen, nicht nur, weil sie der chronologische Vorläufer und inhaltliche Ausgangspunkt für die gegenwärtigen Reformbestrebungen im Mathematikunterricht und insofern auch heute noch aktuell ist, sondern vor allem, weil sie in die vom national- wie universalgeschichtlichen Standpunkt aus wichtige Zeit des Deutschen Kaiserreiches fällt, also in eine Phase umfassender und folgenschwerer ökonomischer, politischer und sozialer Veränderungen. Diese zeitliche Koinzidenz als einen inhaltlichen Zusammenhang zu erweisen, d.h. die Meraner Reform als eine konsequente fachspezifische Anpassungsleistung an die neuen gesellschaftlichen Verhältnisse zu deuten, wurde so zum wesentlichen Inhalt dieser Arbeit.

Für die wohlwollende Förderung und die wissenschaftliche Betreuung meiner Arbeit danke ich besonders Herrn Prof. Dr. W. Sünkel. Weiter gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. W.L. Fischer für seine Unterstützung. Einen erheblichen Anteil am praktischen Gelingen dieser Arbeit haben die Kinder und Erwachsenen des "Kinderhauses", die nicht nur die Bestreuung meiner Tochter Katharina zeitlich und pädagogisch mit mir teilten, sondern mich auch durch ihre Geduld, ihr Verständnis und ihr Vertrauen sehr unterstützt haben. Ich danke ihnen hier herzlich für die "gegenseitige Hilfe".

Diese Arbeit hat dem Fachbereich Philosophie, Geschichte, Sozialwissenschaften der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg als Dissertation vorgelegen.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	11
1.1. Thematische Bestimmung; zeitliche, geopolitische und schulpсихologische Eingrenzungen	11
1.2. Die Quellenlage	15
1.3. Zur Methode	23
Erster Teil: Allgemeine Rahmenbedingungen der Reform	28
2. Zum gesellschaftlichen Rahmen	28
2.1. Der industrielle Aufschwung Deutschlands	28
2.1.1. Der Ausbau der industriellen Produktion	30
2.1.2. Der Übergang zum "Monopolkapitalismus"	32
2.1.3. Deutschlands Aufstieg zur wirtschaftlichen Weltmacht	34
2.2. Die Vergesellschaftung der Wissenschaften	39
2.2.1. Zur Terminologie	39
2.2.2. Die Verwissenschaftlichung der Produktion Exkurs: Zur Anwendung von Wissenschaft auf die Produktionspraxis	40
2.2.3. Zur Verwissenschaftlichung der Reproduktion	43
2.2.4. Verwissenschaftlichung der Qualifikationsstruktur der Arbeitskraft	45
3. Die Wissenschaft: Die Vergesellschaftung der Mathematik	53
3.1. Die Mathematik in der Produktion und Reproduktion	54
3.1.1. "Politische Arithmetik"	54
3.1.2. Die Mathematisierung der Naturwissenschaften	57
3.1.2.1. Die Mathematisierung der Physik	59
3.1.2.2. Die Mathematisierung der Geodäsie	62
3.1.2.3. Die Mathematisierung der Chemie	64
3.1.3. Mathematik und Medizin	67
3.2. Mathematik als gesellschaftliche Arbeit und Beruf	68
4. Der Ausbildungssektor: Zur Bildungspolitik Preußens	71

	Seite
Zweiter Teil: Die "Meraner Reform" des Mathematikunterrichts	83
5. Die Grobstruktur der Reform	83
5.1. Die Reform in Preußen	83
5.2. Die Reform als nationale Bewegung	91
5.3. Die Reform als internationale Bewegung	93
6. Soziostrukturelle Analyse der Reform	97
6.1. Vorbemerkung	97
6.2. Der DAMNU als Gegenstand der soziologischen Analyse	98
6.3. Mitgliederstruktur des DAMNU	98
6.3.1. Die mathematische, naturwissenschaftliche und medizinische Intelligenz - dargestellt am Beispiel der GDNA	101
6.3.2. Die technische Intelligenz - dargestellt am VDI	110
6.3.3. Die mathematisch-naturwissenschaftliche pädagogische Intelligenz - dargestellt am Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts	117
6.3.4. Die Reformindustrie als Unterrichtsreformer	127
6.4. Meraner Reform - "Kleinsche" Reform?	132
6.4.1. Sozialbiographische Notizen zu F. Klein	134
6.4.2. F. Klein, Promotor der Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts	145
7. Inhaltliche Analyse der Reform	151
7.1. Methodische Vorbemerkungen	151
7.2. Zur historisch-systematischen Bedeutung der Meraner Vorschläge	153
7.3. Die Reform der Bildungsziele und Bildungsinhalte des Mathematikunterrichts	155
7.3.1. Erziehung zum quantifizierend-mathematisierenden Betrachtungsweise von Natur und Gesellschaft	155
7.3.1.1. "Die Stärkung des räumlichen Anschauungsvermögens"	159
7.3.1.2. "Die Erziehung zur Gewohnheit des funktionalen Denkens"	169
7.3.3. Bildungstheoretische Implikationen	174
7.3.3.1. Formale versus materiale Bildung	174

	Seite
7.3.3.2. Allgemeinbildung vs. Spezial- und Berufsbildung	180
7.3.4. Die Vermittlung mathematischer Einzelstoffe	189
7.3.4.1. Graphische Darstellung und konstruktives Zeichnen	190
7.3.4.2. Die Funktion	194
7.3.4.3. "Das Wiederhervorkommen der Anwendungen"	196
7.3.4.4. Differential- und Integralrechnung	201
7.3.4.5. Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitstheorie	206
7.3.4.6. Der Koordinatenbegriff, Kegelschnitte und analytische Geometrie	208
7.3.4.7. Mathematische Geographie, Kartenprojektionen	209
7.3.4.8. Resümee	210
7.4. Die methodisch-didaktische Reform des Mathematikunterrichts	211
7.4.1. Historische Vorbemerkungen	211
7.4.2. Methodisch-didaktische Neuerungen	214
7.4.2.1. Propädeutische Kurse vor dem eigentlichen wissenschaftlichen Lehrgang	214
7.4.2.2. Anschaulich-praktische Fundierung des Unterrichts	216
7.4.2.3. Einfachheit als Kriterium für die Stoffauswahl	218
7.4.2.4. Fusionierung mathematischer Gebiete	219
7.4.2.5. Veränderungen in der Beweistechnik	220
7.4.3. Zum schulpolitischen Kontext der methodisch-didaktischen Reformen	222
8. Meraner Reform und "New Math" - ein Vergleich	235
Literaturverzeichnis	243

Verwendete Abkürzungen

DAMNU	= Deutscher Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht
DATSch	= Deutscher Ausschuß für technisches Schulwesen
DMV	= Deutsche Mathematiker-Vereinigung
Förderverein	= Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts
GDNÄ	= Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte
IMUK	= Internationale Mathematische Unterrichtskommission
VDI	= Verein Deutscher Ingenieure
ZmnU	= Zeitschrift für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht

1. Einleitung

1.1. Thematische Bestimmung; zeitliche, geopolitische und schultypologische Eingrenzungen

Eine Geschichtsschreibung, die die Entwicklung des Rechen- und Mathematikunterrichts systematisch auf die Veränderung der gesellschaftlichen Verhältnisse bezieht, steckt noch in den Anfängen. ¹⁾ Eine Theorie dieser Geschichtsschreibung, die die hierbei auftretenden methodologischen Probleme präzisiert und zu lösen versucht, ist bisher nicht als Notwendigkeit thematisiert worden. Diese sozialgeschichtliche Abstinenz der Theorie des Mathematikunterrichts aufzubrechen, die sich auf der subjektiven Seite als gesellschaftspolitische Abstinenz und Ideologie-Anfälligkeit

- 1) Das Defizit an historischen Arbeiten zum Mathematikunterricht, die den gesellschaftlichen Aspekt nicht ausklammern, wird durch folgende Arbeiten partiell beseitigt: H.E. Timerding 1914 stellt in seinem Überblick über die historische Entwicklung der Mathematik und des Mathematikunterrichts auch Bezüge zur ökonomischen und politischen Entwicklung der Gesellschaft her, allerdings nur punktuell und oberflächlich. Dagegen versucht Mathilde Vaerting 1930, die Qualität und Quantität der mathematischen Unterweisung bestimmter Schichten der Gesellschaft als Funktion der sozialen und politischen Stellung dieser Schichten innerhalb der Gesellschaft aufzuweisen. Ökonomische Aspekte bleiben in dieser "macht-soziologischen" Analyse unberücksichtigt. H. Lenné 1969, der die gesellschaftspolitische Blindheit der meisten Mathematikdidaktiker kritisiert, reflektiert in der kurzen Darstellung der Entwicklung des Mathematikunterrichts im 19. Jahrhundert den gesellschaftlichen Rahmen durchaus, allerdings wiederum nur einzelne Aspekte, deren Relevanz für den Gesamtkontext offen bleibt (vgl. S. 20 f.). W. Münzinger 1971 untersucht faktische und potentielle Wirkungen des modernen Mathematikunterrichts im Hinblick auf die Beseitigung von Schichtunterschieden und Klassenschränken; er geht nicht auf den Anteil gesellschaftlicher Faktoren an der Gestaltung des Unterrichts ein. J. Neander 1974 hat in seinem Beitrag "Zur politischen Ökonomie des Mathematikunterrichts" zwar explizit das Interesse zu realisieren versucht, Zusammenhänge zwischen Mathematikunterricht und Gesellschaft systematisch aufzudecken, wird aber diesem Anspruch nicht voll gerecht (vgl. S. 21 f.).

der Theoretiker und Praktiker des Mathematikunterrichts niederschlägt, ist eine der dringlichsten Aufgaben der Historik des Mathematikunterrichts. Dabei bieten sich als "günstige" Ansatzpunkte diejenigen Phasen an, in denen der Mathematikunterricht gründlichen Revisionen unterzogen wurde oder werden sollte, da hier die gesellschaftlichen Triebkräfte, sonst versteckt und kaum wahrnehmbar, deutlicher identifizierbar werden.

In dieser Arbeit sollen daher am Beispiel der Reform des gymnasialen Mathematikunterrichts, die um die Mitte der 90er Jahre des 19. Jahrhunderts begann, ihre Höhepunkte im ersten Jahrzehnt nach 1900 fand und bis in die Zeit nach dem 2. Weltkrieg fortwirkte, Zusammenhänge zwischen einschneidenden Veränderungen im Ausbildungsbereich und allgemeinen gesellschaftlichen Entwicklungen nicht nur als existent behauptet, sondern systematisch und inhaltlich ausgeführt werden.¹⁾ Charakteristika dieser Reform - wir bezeichnen sie nach den 1905 in Meran beschlossenen Reformvorschlägen auch als "Meraner Reform"²⁾, ihr Bewegungsablauf, ihre zeitlichen Fixpunkte, die inhaltlichen, methodischen und stofforganisatorischen Reformkonzepte, die Beteiligung von Einzelindividuen und gesellschaftlichen Gruppen an ihr, ihre Wirkungen, Erfolge und Mißerfolge sollen also auf die konkrete historische Situation um die Jahrhundertwende bezogen werden.

-
- 1) Die pädagogische Literatur der letzten Jahre ist reich an Behauptungen über die Existenz von Zusammenhängen zwischen Gesellschaft und Erziehung. Doch haben solche Interdependenzbehauptungen eher den Status von pädagogischen Gemeinplätzen, verhält sich doch die pädagogisch-historische Forschung noch immer relativ abstinente, wenn es um die Struktur und die Inhalte solcher Zusammenhänge geht (vgl. D. Krause-Vilmar 1972, S.357 ff.).
 - 2) In der Literatur wird sie auch häufig nach einem ihrer Promotoren "Kleinsche Reform" genannt. Wir vermeiden diese Bezeichnung, weil sich in ihr ein unangemessenes Verständnis von der Rolle Kleins in der Reform niederschlägt, wie später noch gezeigt werden soll.

Die Untersuchung wird auf die Reformbestrebungen in Preußen eingegrenzt. Diese pragmatisch notwendige Einschränkung bedeutet aber nicht, daß die Aussagen nicht generalisierbar wären: Preußen war innerhalb des Deutschen Reiches das Land mit dem größten Gebiet, den meisten Menschen und den höchstentfalteten gesellschaftlichen Verhältnissen und Produktivkräften. Über die Reichsverfassung und traditionelle Gepflogenheiten war Preußens politischer Einfluß auf das gesamte Reich gesichert. ¹⁾ Preußen wurde zur wichtigsten Orientierungs- und Bezugsgröße für die anderen reichsdeutschen Länder, insbesondere diejenigen mit überwiegend industrieller Produktion.

So lag denn auch in Preußen das Zentrum der Aktivitäten zur Reform des Mathematikunterrichts. ²⁾ Da die preußische Bildungspolitik maßgebend für die deutschen Länder war ³⁾ und sich die Vereinheitlichung des Schulwesens innerhalb des Deutschen Reiches wesentlich als Anpassung an preußische Verhältnisse vollzog, gelten die Aussagen über die gesellschaftliche Bestimmtheit der Unterrichtsreform mit geringfügigen Modifikationen auch für die anderen Reichsländer.

- 1) Die Ämter des Reichskanzlers und des preußischen Ministerpräsidenten waren zumeist in Personalunion verbunden. Preußen hatte fast 1/3 der Bundesratsstimmen. Der von Bismarck eingeführte Brauch, einzelnen Reichsstaatssekretären Sitz und Stimme im preußischen Staatsministerium zu geben ("Staatssekretarisierung Preußens") hat sich in den Jahren nach Bismarcks Entlassung noch stärker entfaltet; vgl. K.E. Born 1960, S. 194 ff., S. 199.
- 2) Dementsprechend ist auch die Quellenlage für Preußen am günstigsten.
- 3) Die bildungspolitische Avantgardefunktion Preußens beschrieb der preußische Kultusminister v. Goßler in der Einleitungsrede zur Schulkonferenz von 1890 in Berlin: "Das preußische Schulwesen hat aber ... insofern eine eminent politische Bedeutung, als es ein einigendes Band innerhalb der deutschen Staaten geworden ist. Nach Preußen haben sich die übrigen deutschen Staaten gerichtet, mit Preußen haben die übrigen deutschen Staaten Verträge geschlossen über Lehrerbefähigung und Reife-

Weiter wird die Analyse auf Reformbewegungen an Gymnasien eingeschränkt. Auch dies bleibt ohne Konsequenz für die Generalisierbarkeit der hier gewonnenen Aussagen. Das Gymnasium ist traditionell der Prototyp höherer Schulen. Da der gymnasiale Mathematikunterricht, entsprechend seiner langen Tradition innerhalb des neuhumanistischen Lehrplans, erstarrt und "unzeitgemäß" geworden war, schien hier auch die Reform am dringendsten, zumal von ihm auch die meisten höheren Schüler betroffen waren. Hinzu kommt, daß der Mathematikunterricht in den "realistischen" Schulen (Realgymnasium, Oberrealschule) keine eigenständige Entwicklung besaß; orientierten sich doch diese Schultypen stets am Gymnasium, da ihre eigene bildungspolitische Berechtigung und ökonomische Existenzsicherung an den Nachweis ihrer "Gleichwertigkeit" mit dem etablierten Gymnasium geknüpft schien.¹⁾ Die Aussagen über die Entwicklung des Mathematikunterrichts an den Gymnasien können deshalb im wesentlichen auch auf den Mathematikunterricht an den Realgymnasien und Oberrealschulen übertragen werden. Die Beschränkung des Themas auf den Mathematikunterricht und die allenfalls periphere Erwähnung der gleichzeitig verlaufenden Reform in den naturwissenschaft-

zeugnisse; die Reichsgesetzgebung hat sich der Vorschriften bemächtigt für Mediziner und Juristen, die preußische Gesetzgebung für Theologen und für Lehrer; kurzum auf allen Gebieten hat sich ein Band geschlossen, zwischen Preußen und den übrigen deutschen Staaten." (Verhandlungen 1891, S. 69). Diese Tendenz bildete sich in den folgenden Jahrzehnten zunehmend aus.

- 1) "... Realgymnasium und Oberrealschule (haben) im ganzen den mathematischen Lehrgang des humanistischen Gymnasiums übernommen und die größere ihnen für Mathematik zur Verfügung stehende Stundenzahl wesentlich nur dazu benutzt, diesem Lehrgange einzelne weitergehende Kapitel einzufügen. Es hängt dies offenbar mit dem Umstande zusammen, daß die neuen Anstalten in erster Linie die Gleichberechtigung mit dem humanistischen Gymnasium erstrebten und dadurch ein Interesse daran hatten, weniger ihre Eigenart als die Ähnlichkeit ihrer Leistungen mit denjenigen des humanistischen Gymnasiums zu betonen." (F. Klein 1902, S. 259 f.). Vgl. auch H. Lenné 1969, S. 40 f.

lichen Fächern ist vom Umfang der Arbeit her erforderlich. Allerdings gestattet die instrumentelle Funktion der Mathematik für die Naturwissenschaften, Forderungen nach verbesserter mathematischer Ausbildung (auch) auf einen Bedeutungszuwachs der Naturwissenschaften zurückzuführen. Viele Aussagen, die sich auf die Ursachen, den Ablauf und die Wirkungen der Reform des Mathematikunterrichts beziehen, können daher auch als Deutungshypothesen der qualitativen und quantitativen Reformen der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer in den deutschen höheren Schulen verwendet werden.

1.2. Die Quellenlage

Hätte diese Arbeit die reine Darstellung der Entwicklung des gymnasialen Mathematikunterrichts um die Jahrhundertwende zum Gegenstand, sie brauchte nicht mehr geschrieben zu werden.

Schon während der Reformbewegung wirkte sich das seit den achtziger Jahren angestiegene Interesse der Mathematiker an einer historisierenden Reflexion des eigenen Faches unmittelbar aus. Nicht nur die entfernteren Epochen der Schul-, Hochschul- und wissenschaftlichen Mathematik wurden ausgeleuchtet; Beachtung fand gerade auch die jüngste Vergangenheit, wobei das reformpolitische Interesse, sich gegen die tradierten Ziele, Stoffe und Methoden abzugrenzen und neue Vorstellungen wirksam zu propagieren, sicherlich eine wichtige Rolle gespielt hat.¹⁾ So erschienen bereits vor dem 1. Weltkrieg, als die Diskussionen um die

1) Eine Zusammenstellung dieser Literatur findet sich bei M. Gebhardt 1912, S. 117 ff. und 133 ff. Gebhardt hat auch die unterrichtsgeschichtlich sehr wichtige Kategorie der Schulprogramme untersucht und für die Zeitspanne von 1891 bis 1911 eine Häufung von Abhandlungen festgestellt, die sich mit historischen Problemen des Mathematikunterrichts befassen; vgl. ebd. S. 51.

Reform zwar reduziert, aber kontinuierlich weitergeführt wurden, zwei Arbeiten, die die mathematische Unterrichtsreform als ein historisches Phänomen darstellen. ¹⁾ Insbesondere die Arbeit von R. Schimmack ist eine sorgfältige und ausführliche Bestandsaufnahme der Reform durch einen auch praktisch sehr engagierten Reformers. ²⁾ Als Ergänzung und Fortführung des Schimmackschen Werkes veröffentlichte H. Weinreich 1915 "Die Fortschritte der Mathematikunterrichtsreform in Deutschland seit 1910". ³⁾ Gemeinsames Charakteristikum dieser Untersuchungen ist, daß sie zwar Fakten und Daten über den zeitlichen, inhaltlichen und organisatorischen Ablauf der Reform vermitteln, letztlich aber der Oberfläche der Phänomene und der Faktizität der Ereignisse verhaftet bleiben und keine weitergehenden Fragen nach den Ursachen und Hintergründen der Reform stellen.

Auch eine "kulturhistorische" Betrachtungsweise, wie sie als methodisches Prinzip für die Behandlung mathematischer Stoffe im Unterricht damals bisweilen gefordert wurde, blieb für die Geschichtsschreibung der Reform folgen-

-
- 1) Es waren dies die Dissertation von Paul Bode 1911 und die Habilitationsschrift von Rudolf Schimmack 1911a. Die Bodesche Arbeit ist ungenau, bisweilen fehlerhaft und durch das Schimmacksche Werk überholt.
 - 2) Schimmack erhielt den ersten deutschen Lehrstuhl für die Didaktik der mathematischen Wissenschaften in Göttingen (1911). Er lehrte dort bis zu seinem frühen Tod 1912. Der Lehrstuhl wurde dann nicht mehr besetzt. 1916 gab es nur noch in München einen Privatdozenten für die Didaktik der Mathematik, Hugo Dingler. Dingler wurde allerdings weniger aufgrund seiner mathematikdidaktischen Arbeiten berühmt, als wegen des von ihm entwickelten operativen "Aufbau(s) der exakten Fundamentalwissenschaft" (Logik, Mathematik, Mechanik), der später von P. Lorenzen weitergeführt wurde.
 - 3) Vgl. H. Weinreich 1915; hier werden die seit Erscheinen des Schimmackschen Berichtes durch die IMUK veröffentlichten zahlreichen Detailstudien "Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland" verarbeitet.

los. ¹⁾ Dagegen finden sich unter den Historikern des Mathematikunterrichts Vertreter einer "individual-heroisierenden" Historiographie. So erscheint in der Geschichte der Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts von W. Lorey die Meraner Reform als das Werk einzelner mehr oder weniger genialer Männer. ²⁾

Obwohl also weiter- und tiefergehende Fragen nach den gesellschaftlichen Bezügen der Unterrichtsreform, nach den Funktionen und Bedingungen auch hier nicht gestellt werden, ist die Existenz solcher Interdependenzen, wie dunkel auch immer, bewußt gewesen: Einige Reformer verwenden selbst ökonomische, politische oder soziale Faktoren als Argumente für die Reformbedürftigkeit des Mathematikunterrichts. So leitet M. Caspar die Reform der höheren Schulen in Preußen ab aus der Umwandlung der politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse des preußischen Staates: des absoluten in einen "Selbstverwaltungsstaat", des Agrar- in

- 1) Um die Jahrhundertwende nimmt die Zahl der Publikationen zu, die entweder die Forderung nach kulturhistorischen Bezügen in der Geschichtsschreibung der Mathematik und des Mathematikunterrichts stellen, oder die selbst solche Zusammenhänge zu beschreiben versuchen. Neben H.E. Timerding 1914 sind zu nennen: S. Günther 1887; E. Lampe 1893; M. Gebhardt 1908 und 1912; M. Simon 1909; A. Voss 1914. Nur bei Timerding wird auch der Mathematikunterricht in kulturelle Bezüge gestellt; ansonsten bleibt das kulturhistorisierende Programm auf die Wissenschaft Mathematik beschränkt. Zudem gewinnt man bei der Lektüre den Eindruck, daß sich der Zusammenhang zwischen Gesellschaft, Mathematik und Mathematikunterricht umso mehr verdunkelt, je näher er an die Gegenwart der Autoren herankommt.
- 2) W. Lorey war berühmt für sein individualbiographisches Interesse. Lietzmann schreibt ihm "Verbindungen wohl mit allen lebenden deutschen Mathematikern" zu (W. Lietzmann 1960, S. 57). Seine Abhandlung über die Geschichte der Hochschulmathematik im 19. Jahrhundert (1906) wurde die bei weitem umfangreichste in der IMUK-Reihe. Lorey hat "bis an seinen Lebensabend anlässlich von Kongressen immer wieder Neues aus der Fülle seiner Forschungen und Beiträge zur Persönlichkeitsgeschichte der

einen Industrie- und Handelsstaat, und aus den Veränderungen von Wissenschaft, Literatur, Technik und Kunst. ¹⁾ Hauptursachen dieser Umwälzung seien die "Volksvermehrung" und die "deutsche Tatkraft", die den "großen Friedenskaiser" gezwungen haben, Preußen zum Industriestaat zu machen, überschüssige Waren ins Ausland zu senden und für einen Teil des Bevölkerungsüberschusses Kolonien bereitzustellen. Den Ausbau der Flotte und des Heeres und die Ausbildung militärischer Fähigkeiten hält Caspar für notwendig, "um uns vor dem Wettbewerbsneid unserer lieben europäischen Nachbarn, wie vor der Rauflust und Raublust exotischer kulturloser Fürsten und Staaten zu sichern und schützen." ²⁾

Ganz ähnlich wird argumentiert, um die Reform des Mathematikunterrichts zu begründen. In einem bunten Durcheinander von Realität und Ideologie werden genannt: der Kampf um Dasein, der Wettbewerb auf dem Weltmarkt, die Abwehr der Sozialdemokratie, die neue Bedeutung der Mathematik für die gewandelte Arbeitsplatzstruktur und den wissenschaftlichen technologischen Fortschritt. ³⁾

Mathematiker beige-steuert". (W. Lietzmann 1960, S.57) Immerhin ist die Fülle biographischen Materials oft auch für den Historiker mit weitergehenden Erkenntnisinteressen von Wert, finden sich doch in kleinen Hinweisen manchmal die Verbindungsglieder zwischen der speziellen zu analysierenden und der allgemeinen gesellschaftlichen Entwicklung.

1) Vgl. M. Caspar 1913, S. 3 - 9

2) a. a. O., S.10

3) M. Simon beklagt den "immer schwerer werdende(n) Kampf ums Dasein" (M. Simon 1895, S.19f.); A. Schülke beschwört die Gefahr, "Deutschland würde im wirtschaftlichen Kampfe unterliegen und verarmen" (A. Schülke 1906, S.168). Ein verbesserter mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht soll eine bessere "Erziehung der Jugend zur Mitarbeit an der modernen Kultur" bewirken, die "in erster Linie durch Fortschritte der heutigen Technik, der Mathematik und Naturwissenschaften bedingt" sei. (H. Thieme 1890, S.94) Die Mathematik, die das "Handwerkszeug für die Lösung

Allerdings dienen solche Argumente häufig nur zum rhetorischen Einstieg in die eigentliche Thematik. Für die systematische Analyse der Reform haben sie daher allenfalls eine heuristische Bedeutung.

I

Obwohl die Bemühungen um eine Restauration des Schulwesens nach 1945 zunächst an die während der Weltkriege und im Faschismus stornierte Reformbewegung anknüpften ¹⁾, unterblieb auch jetzt eine weitergehende Auseinandersetzung mit den gesellschaftlichen Bedingungen und Notwendigkeiten der Meraner Reform. Entsprechend vage fallen die Vermutungen aus, die über die Ursachen der Reform angestellt werden: H. Behnke nennt neben dem wachsenden Bedarf der Naturwissenschaften und der Technik an soliden mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundkenntnissen den "Rationalismus der Zeit", der "der Ausbreitung des mathematischen Unterrichts besonders günstig" gewesen sei. ²⁾ E. Schubert wiederholt Kleins These von "dem gesteigerten Selbstbewußtsein und dem Bildungsbedürfnis weiter Volkskreise" als Ursachen der Reform. ³⁾ Notwendigkeit

der technischen, naturwissenschaftlichen und volkswirtschaftlichen Fragen ist" (M. Caspar 1913, S.198), gewinnt universelle und zentrale Bedeutung. "Das gilt vor allem vom Rechnen und der Raumlehre, für die jeder Tag in jedem Beruf Verwendung gibt..." (F. Paulsen 1906, S.62). Auch die erwünschte Mobilität der Arbeitskraft wird als Argument gegen formale Bildung und für intensivierte Unterricht in der Mathematik und den Naturwissenschaften bemüht: "...die Fähigkeit, sich den wechselnden Erwerbsmöglichkeiten schnell und geschickt anzupassen und Vorteile daraus zu ziehen, ...leidet unter der fast ausschließlichen, so bequemen Beschäftigung mit abstraktem Sprachstoff..." (Deutsche Welt v. 15. April 1900, zit. nach Zs. d. VDI Bd. 44 (1900), S. 553).

1) Zahlreiche Lehrpläne wurden nach dem Vorbild der "Traditionellen Mathematik" (Lenné) konzipiert, Lehrbücher aus jener Zeit neu aufgelegt, vgl. H. Lenné 1969, S.48ff., 325ff.

2) H. Behnke 1953, S. 2

3) E. Schubert 1971, S. 10

und Inhalt der Reformen leiten sich nach Schubert ab aus dem "Spannungsfeld zwischen der Tradition der Mathematik als reiner Wissenschaft, den Forderungen der 'Praktiker' (Technik, Wirtschaft, Handel), dem pädagogischen Denken und schließlich den politischen Kräften (Forderungen der Militärs dürften nicht ohne Einfluß gewesen sein!)" ¹⁾. Die "Spannungen" zwischen ökonomischen, politischen, fachwissenschaftlichen und pädagogischen Faktorenbündeln werden jedoch nicht näher bestimmt, gewichtet und in ihrem Wechselverhältnis analysiert; der Autor beschränkt sich im weiteren Verlauf der Arbeit auf die immanenten mathematischen und mathematikunterrichtlichen Aspekte.

Dagegen versucht H. Lenné in dem posthum veröffentlichten Werk über die Mathematikdidaktik in Deutschland, die fachwissenschaftlichen, sozial- und bildungsgeschichtlichen Ursachen der Reform auch konkret-inhaltlich zu benennen. Gezwungen zur Konkurrenz mit den realistischen Schular-ten, die, durch den Erfolg der Naturwissenschaften und "gesellschaftlich orientierten Wissenschaften" legiti-miert, um die Gleichwertigkeit aller höheren Bildungs-institutionen kämpften, habe sich das Gymnasium den "Zwänge(n) der Zeit" fügen müssen und das Gewicht der alten Sprachen zugunsten anderer, hauptsächlich der mathe-matisch-naturwissenschaftlichen Fächer reduziert. ²⁾ Da-neben haben auch "Nützlichkeitserwägungen" an Boden ge-wonnen. Das Bürgertum, das den Kampf um die politische Macht "erst mit den Mitteln der Technik machtvoll" habe führen können ³⁾, habe neuer Qualifikationen, "solide(r) Fertigkeiten in allgemeinen rechnerischen und mathema-tischen Techniken", im räumlichen Anschauungsvermögen und in lebensnahen Anwendungen bedurft. ⁴⁾ Weiter vermutet

1) E. Schubert 1971, S. 12

2) vgl. H. Lenné 1969, S. 41

3) a. a. O., S. 44

4) Ebd.

Lenné, "eine Förderung von Mathematikreformen aus pragmatischen, ökonomischen und nicht zuletzt militärischen Motiven" sei eine historische Konstante des Mathematikunterrichts.¹⁾ Diese These inhaltlich zu füllen und historisch zu verifizieren, ist Lenné nicht mehr gelungen.

Auch seine Anmerkungen zu den Hintergründen der Meraner Reform ("Zwänge der Zeit", "politischer Kampf mit den Mitteln der Technik", usw.) bleiben auf der Ebene von Andeutungen. Insbesondere werden die Relevanz der einzelnen Faktoren und ihre wechselseitigen Zusammenhänge weder thematisiert noch geklärt. Letztlich fehlt hier das gesellschaftstheoretische Instrumentarium, das eine systematisierte Verklammerung der gesellschaftlichen Prozesse mit den Reformtatsachen erst möglich macht.

Diesem Mangel möchte J. Neander in seinem Beitrag "Zur politischen Ökonomie des Mathematikunterrichts" abhelfen.²⁾ Auf historisch-materialistische Weise versucht er, den Mathematikunterricht "als Bestandteil der Schule und diese wieder jeweils in ihrem konkreten gesellschaftlichen Bezugsrahmen" zu betrachten.³⁾ Konkret soll der Unterricht auf den Ebenen der wirtschaftlichen und der schulgeschichtlichen Entwicklung untersucht werden.⁴⁾

1) H. Lenné 1969, S. 364; vgl. auch S. 39. Auch P. Damerow und Chr. Keitel betonen die Rolle des Militärs in der Reform von 1900: "damals ... brachten die stellungnahmen des generalinspektors des militärbildungswesens, generals der infanterie von funck, und des kommandeurs des kadettenkorps, generalmajors von seckendorf, die entscheidende Wendung für die Reform" (Damerow-Keitel o. J., S. 34). Hier wird der militärische Faktor überschätzt; andere Einflüsse bleiben undiskutiert. Diese und andere Mängel des Beitrages hängen damit zusammen, daß die Autoren die Reformbemühungen in den Schulkonferenzen von 1890 und 1900 kulminieren sehen und die darauf folgenden Reformaktivitäten ignorieren.

2) J. Neander 1974

3) a.a.O., S. 7

4) Neanders Programm umfaßt den Zeitraum von der rechnerischen Unterweisung bei Alkuin bis zu den aktuellsten Diskussionen um die Mengenlehre.

Dies gelingt Neander jedoch nur für die groben diachronischen Linien; im Detail bleibt er hinter seinen Ansprüchen zurück, wie gerade an der Interpretation der Meraner Reform deutlich wird: Nur für die "höhere Mathematik" an den Universitäten und Technischen Hochschulen erkennt er einen Zusammenhang zur wirtschaftlichen Entwicklung. Sie werde dort stärker betont aufgrund des Mehrbedarfs der "'neuen' Industrien Chemie und Elektrotechnik" ¹⁾ an mathematisch-naturwissenschaftlich ausgebildeten Fachkräften. Die Entwicklung im gymnasialen Mathematikunterricht dagegen führt er auf besondere Faktoren im Ausbildungsbereich zurück. Sie seien der "wechselseitigen Angleichung von Realgymnasium und Oberrealschule an das neuhumanistische Gymnasium" ²⁾ geschuldet. Weiter spricht er von einer "weitgehend beziehungslosen" Aneinanderreihung der Inhalte der neuhumanistischen und der realschuldidaktischen Richtungen innerhalb der neuen Lehrpläne. Sie erscheint ihm als eine willkürliche, durch bildungstheoretische Auseinandersetzungen hervorgebrachte Stoffklitterung.

Die Legitimation für seine verkürzten Argumentationen hat sich Neander durch das genannte Vier-Ebenen-System geschaffen. Er fordert zwar, "deren (der Ebenen, H.I.) wechselseitige Abhängigkeiten ständig mitzureflektieren" ³⁾, also z.B. auch die ökonomischen Ursachen einer bestimmten Situation im Ausbildungsbereich einzubeziehen, doch er selbst wertet letztlich die Ebenen als gleichrangige Quellen zur Erklärung der Veränderungen des Mathematikunterrichts. Damit aber ist der Anspruch auf "historisch-materialistische Methode", welche die wesentlichen historischen Tendenzen der Schul- und Erziehungsgeschichte auf sozioökonomische Verhältnisse zurückzuführen hat, letztlich aufgegeben. Die Analyse wird beliebig seicht: Hat ein Phänomen in der Geschichte des Mathematikunterrichts keine

1) a. a. O., S. 47

2) Ebd.

3) a. a. O., S. 7

sofort ins Auge springenden ökonomischen oder politischen Ursachen, so läßt es sich aus der Entwicklung der Fachwissenschaft Mathematik oder des Unterrichts unschwer "erklären", d.h. innerhalb des fachwissenschaftlichen oder unterrichtsgeschichtlichen Kontextes beschreiben, in dem es, oberflächlich betrachtet, immer steht. Wohlgemerkt, es soll nicht kritisiert werden, daß Neander in seinen "Erklärungen" auch auf fachspezifische und schulhistorische Aspekte rekurriert. Wir kennen in diesen Bereichen durchaus eigendynamische Bewegungen, Verselbständigungen gegenüber den ursprünglichen Triebkräften. ¹⁾ Will man jedoch eine konkrete historische Tatsache durch Rekurs auf einen solchen eigenständigen Prozeß erklären, dann muß vorher sichergestellt sein, daß sozioökonomische Faktoren tatsächlich nichts zur Analyse beitragen können. ²⁾ Dies hat Neander nicht geleistet.

1.3. Zur Methode

Wir grenzen unser methodisches Vorgehen kritisch gegen nomologisierende, ökonomistische und individualisierende Interpretationsweisen von Geschichte ab.

Der nomologistischen Konzeption zufolge können alle historischen Tatsachen wie naturwissenschaftliche Fakten erklärt werden, nämlich als regelmäßig eintretende Wirkungen bestimmter angegebener Ausgangsbedingungen. Der Zusammenhang zwischen "Ursachen" und "Wirkungen" läßt sich - so die These - in Form von Gesetzen beschreiben. ³⁾

-
- 1) Von ihnen kann nur noch gezeigt werden, daß die gesellschaftlichen Verhältnisse sie möglich machen, aber nicht, daß sie "notwendig" in der Form ablaufen, wie sie es faktisch-historisch tun, also einem dringenden Erfordernis der Gesellschaft oder gesellschaftlicher Teilgruppen entsprechend; vgl. H. Fleischer 1970, S. 135ff.
 - 2) Dies kann natürlich immer nur relativ zum verfügbaren historischen Wissen geschehen.
 - 3) Exponenten dieser Position finden sich unter den bürgerlichen wie auch (und vor allem) unter den marxistischen

Demgegenüber kommt es uns darauf an, dem Menschen nicht die Rolle eines Vollzugsorgans blind waltender Gesetze zuzuweisen, sondern ihn als zweckrational handelnden Träger der geschichtlichen Entwicklung zu sehen.¹⁾ Im Handeln realisiert der Mensch (oder eine Gruppe von Menschen) Zwecke mithilfe von adäquaten bzw. adäquat erscheinenden Mitteln. Dabei gehen in diese Mittelwahl Interpretationen der gesamtgesellschaftlichen und der je individuellen (oder gruppenspezifischen) Situation sowie Vorstellungen über eine zweckmäßige Vermittlung dieser beiden Bereiche ein.

Damit unterscheiden sich historische Gesetze, sofern man überhaupt noch von solchen reden will, grundsätzlich von naturwissenschaftlichen Gesetzhypothesen:

"Gesetze der Geschichte, des geschichtlich relevanten Handelns von Menschen, sind nichts anderes als bestimmte Koordinationen zwischen dem, was Menschen tun, und (a) der Ausgangslage, in der sie sich befinden, (b) den Mitteln, die zu ihrer Verfügung stehen, (c) dem, was aus der Handlung selbst hervorgeht - und manchem mehr."²⁾

Insbesondere distanzieren wir uns auch von der ökonomistischen Spielart dieser nomologisierenden Geschichtsbeurteilung, die im Erklärungsschema die "Ursachen" aus-

Geschichtsschreibern. Zur ausführlichen Kritik vgl. P. Janich, F. Kambartel, J. Mittelstraß 1974, S. 119ff. Die Auseinandersetzungen um das "logisch-historische" Verfahren der historischen Analyse betreffen letztlich den gleichen Aspekt; vgl. etwa Klaus Holzkamp 1974.

1) Prinzip der Zweckrationalität: Wenn jemand das technische Wissen W_t hat und er einen Zweck Z verfolgt, derart, daß Z nach W_t durch die Handlung H erreicht wird, dann wird er H ausführen. Die Rationalität der Handlung bestimmt sich danach relativ zum Wissen des Handelnden um die Zusammenhänge zwischen faktischem bzw. geplantem Handeln und dessen Wirkungen; vgl. hierzu P. Lorenzen, O. Schwemmer 1973, S. 201.

2) H. Fleischer 1970, S. 140

schließlich mit ökonomischen Termini beschreiben will. ¹⁾
Mit H. Fleischer behaupten wir eine ökonomische "Determination" der Geschichte nur im Sinne

- einer ökonomischen Bedingtheit: Die Realisierbarkeit von Zwecken der Mitglieder einer Gesellschaft hängt von der jeweiligen materiellen und immateriellen Produktivität der Gesellschaft ab; die Ökonomie, speziell die Produktivkraftentwicklung legt den Handlungsspielraum der Menschen fest; und
- einer ökonomischen Motiviertheit: In außerökonomische Tätigkeiten sind immer auch ökonomische Interessen involviert, deren Gewicht von Situationen zu Situationen variiert.

Von diesen Formen "gesellschaftlich-historischer Notwendigkeit i. e. S." (Fleischer) ist die "Tatnotwendigkeit" oder "praktische Notwendigkeit" zu unterscheiden:

"... die betreffenden Subjekte verhalten sich so, weil sie jeweils etwas nötig haben oder nötig zu haben glauben." ²⁾

Obwohl immer wieder auf den Menschen als "tätige Mitte" historischen Geschehens rekurrierend, verfällt ein solcher "pragmatologischer" Ansatz ³⁾ nicht einer psychologisierenden und individualisierenden Geschichtstheorie, in der nur noch von den Taten "großer Einzelner" erzählt wird ⁴⁾, denn die Zwecksetzungen von Einzelpersonen oder Gruppen werden in ihre jeweiligen historischen Zusammenhänge mit den gesamtgesellschaftlichen Prozessen gestellt, und die Genese von Zwecken wird als gesellschaftlich vermittelt angesehen.

Positiv gewendet und im Hinblick auf unser spezielles Thema zusammengefaßt heißt das: Die Reform des gymna-

1) a. a. O., S. 129ff.

2) a. a. O., S. 147

3) vgl. auch M. Marković 1971, S. 17 - 41. (Die Ehrenrettung der Widerspiegelungstheorie, die Marković versucht, halten wir für mißlungen und zudem überflüssig.)

4) Auf die Fehler eines solchen individualisierenden Konzeptes hat zusammenfassend H.-U. Wehler hingewiesen, vgl. H.-U. Wehler 1973a, S.85ff.

sialen Mathematikunterrichts um die Jahrhundertwende soll als die Resultante des zweckgeleiteten und interesselgebundenen, auf die je historische gesellschaftliche Situation bezogenen Handelns von Personen, Gruppen und Institutionen dargestellt und analysiert werden. Dies heißt zunächst, daß die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen der Reformaktivitäten aufgezeigt werden müssen. Da nicht alle Konstituenten des gesellschaftlichen Kontextes für die Deutung der Reformvorschläge und Handlungen gleichermaßen bedeutsam werden, beschränken wir uns auf einige relevante sozioökonomische Aspekte. Entwicklungslinien der Fachwissenschaft Mathematik und des Ausbildungssektors werden dabei nur insoweit berücksichtigt, als sie mit den gesellschaftlichen Veränderungen verknüpft und für die Deutung der Reform verwendet werden können.

Es wurde bewußt darauf verzichtet, die politischen und ideologischen Begebenheiten im Deutschen Reich an dieser Stelle systematisch einzuholen: entweder bleiben sie für unser Thema überhaupt irrelevant, oder aber sie verlangen eine so differenzierte Darstellung, daß der hierzu notwendige Arbeitsaufwand, gemessen am Einfluß, den diese Faktoren faktisch hatten, unverhältnismäßig groß wäre. ¹⁾

1) So handeln wir die politisch-militärischen Hintergründe der Reform erst da ab, wo sie deutlich zutage treten, nämlich im Zusammenhang mit den methodisch-didaktischen Reformen und der sog. Überbürdungsfrage (vgl. S. 225ff.). Umfassenden Einfluß auf die mathematischen Unterrichtsinhalte erhielten militärpolitische Erfordernisse erst wieder im 1. Weltkrieg, als auch namhafte Mathematikdidaktiker Vorschläge ausarbeiteten, wie der Mathematikunterricht in den Dienst der "vaterländischen" und "weltpolitischen" Erziehung gestellt und auf die militärischen "Notwendigkeiten" hin ausgerichtet werden könne; vgl. z.B. W. Lietzmann 1914; J. Ruska 1916.

Auf die systematische Darstellung der charakteristischen Ideologien haben wir auch verzichtet, weil die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer weniger Ansatzstellen für manifeste politisch-ideologische Lehren bieten, im Gegensatz zu Unterrichtsfächern wie Deutsch, Geschichte oder Religion, die damals explizit in den

Wir haben sie daher nur dann gestreift, wenn die inhaltliche Analyse es erforderte. Ähnliches gilt auch für die im engeren Sinne mathematisch-naturwissenschaftlichen Ideologien, d.h. unzutreffende Aussagen über ein "Wesen" der Mathematik oder der Naturwissenschaften und Sachzwangargumentationen. Da sie zu speziell sind, als daß sie unter die allgemeinen Rahmenbedingungen hätten aufgenommen werden können, holen wir sie im Deutungsteil nach Bedarf ein.

Für die sozioökonomischen, fachwissenschaftlichen und bildungsspezifischen Darstellungen wird keinesfalls Vollständigkeit beansprucht. Ihr Umfang und Inhalt richten sich nach ihrer Verwendbarkeit für die eigentliche Deutung der Unterrichtsreform und nach ihrem Stellenwert in einer stringent zusammenhängenden Darstellung des gesamtgesellschaftlichen Rahmens.

Die gesellschaftlichen Verhältnisse bilden den Hintergrund, von dem her die Reform des Mathematikunterrichts im zweiten Teil der Arbeit gedeutet werden soll. Nach einer knappen Skizze der wichtigsten reformberatenden und vollziehenden Handlungen und ihrer Auswirkungen werden in einem soziostrukturellen Deutungsschritt die Interessen der beteiligten Gruppen und Individuen, sowie deren reformbezogene Standpunkte und Handlungsweisen untersucht. In einem nächsten Schritt werden die Reformvorschläge inhaltlich in der Weise analysiert, daß sie als angemessene Mittel ausgewiesen werden, die aus der veränderten gesellschaftlichen Produktion- und Reproduktionsstruktur resultierenden Zwecke der Menschen zu realisieren.

Dieser Weg scheint uns geeignet, die allgemein sozioökonomischen Veränderungen möglichst stringent, dicht und umfassend auf Tendenzen im Ausbildungsbereich, hier im gymnasialen Mathematikunterricht, zu beziehen.

Dienst der ideologischen Indoktrination der deutschen Jugend gestellt und mit entsprechenden nationalistischen, militaristischen, antisozialistischen Versatzstücken aufgezutzt wurden; vgl. H. Tietze 1973, S. 242f.; B. Voigt 1973, S. 181ff; H. König 1962, S. 20 - 61.

Erster Teil: Allgemeine Rahmenbedingungen der Reform

2. Zum gesellschaftlichen Rahmen

2.1. Der industrielle Aufschwung Deutschlands

Die Anfangsphase der Industriellen Revolution in Deutschland reicht vom Ende des 18. bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts.¹⁾ Seit den 50er Jahren erlebt Deutschland eine zweite umfassende Industrialisierung, die erst mit dem 1. Weltkrieg zu Ende geht. Sie ist gekennzeichnet durch eine größere Wachstumsrate der industriellen Produktion gegenüber der landwirtschaftlichen, das Entstehen industrieller Ballungszentren, die Monopolisierung wichtiger Wirtschaftszweige und die Verwissenschaftlichung einiger Produktions- und Reproduktionsbereiche.²⁾

In diesem Prozeß spielt die Gründerkrise von 1873 eine zentrale Rolle. Diese "umfassendste, tiefste und verheerendste"³⁾ aller bis dahin eingetretenen Krisen und die sich daran anschließende und bis in die Mitte der neunziger Jahre fortdauernde wirtschaftliche Stagnation leiten in Deutschland "die Neufundierung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Ordnung" ein.⁴⁾ In dieser Phase werden Gegenmaßnahmen gegen den Fall der Profitraten organisiert, die folgendermaßen systematisiert werden können:⁵⁾

1) In der Datierung lehnen wir uns an Knut Borchardt 1972 an (vgl. S.22f.). Zur industriellen Revolution in Europa vgl. auch Motteck, u.a. 1960; W.O. Henderson 1971; R. Braun u.a. (Hrsg.) 1972; weitere Literatur findet sich in H.-U. Wehler 1973b, S. 258f.

2) vgl. H. Motteck, W. Becker, A. Schröter 1974, S. 23

3) Fred Oelßner 1949, S. 244

4) H. Böhme 1969, S. 70

5) Zur Systematisierung der allgemeinen Gegentendenzen vgl. J. Hirsch 1973, S. 225ff.

- Formveränderungen des Kapitals: "Monopolisierung"
In der Krise wird ein Teil der Kapitale vernichtet oder von größeren Kapitalen aufgesogen. Das Kapital konzentriert und zentralisiert sich (in Form von Monopolen, Kartellen, Syndikaten, usw.). Voraussetzung und Hebel hierfür ist der Ausbau des Kreditsystems, des Bankwesens, sowie die Veränderung der Eigentums- und Leitungsverhältnisse der Unternehmen (z.B. Entstehen von Aktiengesellschaften).

- Expansion des Kapitals auf dem Binnen- und Weltmarkt: "Imperialisierung" ¹⁾

Das Stocken der Kapitalakkumulation aufgrund der rapiden Entfaltung der Produktion bei relativ gleichbleibender Konsumtion ("Überproduktionskrise") wird aufgehoben durch die Integration neuer Gebiete und Konsumenten in die kapitalistische Produktionsweise bzw. durch die "Produktion neuer Konsumtion" (Marx) im nationalen und internationalen Maßstab. Die internationalen Verflechtungen verdichten sich.

- Veränderung und Entwicklung der angewandten Produktivkräfte: "Verwissenschaftlichung"

Inhaltlich besteht diese Veränderung in der "Revolutionierung der Produktionstechnik und ... Vervielfältigung der Gebrauchswerte auf der Basis systematischer Verwertung wissenschaftlicher Resultate" ²⁾, also in der Verwissenschaftlichung von Produktion und Reproduktion.

Mit dieser Reorganisation der allgemeinen Produktions- und Verwertungsbedingungen werden die Grundlagen geschaffen für den Übergang vom freien Konkurrenzkapitalismus, der noch weitgehend auf nationale Kapitalbewegungen ein-

1) Wir folgen dem Periodisierungsvorschlag von H.-U. Wehler; vgl. H.-U. Wehler 1969, S. 31ff. Zu abweichenden Ergebnissen kommen z.B. S. Richter und R. Sonnemann 1963, S. 53.

2) J. Hirsch 1973, S. 230

gegrenzt ist, zum "Monopolkapitalismus"¹⁾ des internationalen organisierten imperialistischen Kapitals.

Im folgenden soll nun diese Entwicklung am Beispiel Deutschlands konkret-historisch dargestellt werden. Da unser eigentliches Ziel jedoch darin besteht, die sozial-ökonomische Fundierung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsreform nachzuweisen, werden wir die einzelnen Aspekte dieser Umwälzung unterschiedlich gewichten. Einige werden nur grob skizziert; dagegen wird die Vergesellschaftung der Wissenschaften, ein wichtiger Ausgangspunkt für die Unterrichtsreform, relativ ausführlich behandelt werden.

2.1.1. Der Ausbau der industriellen Produktion

Noch zu Anfang der achtziger Jahre war Deutschland Agrarstaat gewesen.²⁾ Als sich die agrarwirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit des Auslandes, vor allem Amerikas, verbesserte, brach eine Agrarkrise aus (Mitte der siebziger Jahre), die die Großagrarier über eine innovationshemmende Schutzzollpolitik zu beheben versuchten. Zudem wurde die Landwirtschaft durch die Abwanderung der ländlichen Bevölkerung, "an Umfang den ehemaligen Völkerwanderungen"³⁾

-
- 1) Die Anführungszeichen sollen andeuten, daß die monopolistische Struktur der Kapitalorganisation zwar ein wichtiger Aspekt spätkapitalistischer Wirtschaft ist, aber eben nur ein Aspekt unter anderen, der zur vollständigen Charakterisierung der kapitalistischen Entwicklung nach 1871 nicht ausreicht.
 - 2) Nach F. Zahn waren 1882 42,2 % der Gesamtbevölkerung in der Landwirtschaft beschäftigt, dagegen nur 33,8 % in der Industrie und im Handwerk; vgl. F. Zahn 1929, S. 269, Tab. 9
 - 3) F. Zahn 1929, S. 224. Sehen wir ab von den Auswanderungen, die auch vorwiegend Provinzen mit agrarischer Produktionsstruktur betreffen, und beschränken wir uns auf reine Binnenwanderungen, so sind die relevanten Bewegungsrichtungen die vom agrarischen NO in den industrie- und gewerbereichen NW, vom Land in die Stadt, von der Stadt in die neu entstehende Großstadt. Der Verstädterungsprozeß führt zu einer Entvölkerung des platten Landes; vgl. F. Zahn 1929, S. 228 und G. Neuhaus 1926, S. 486ff.

vergleichbar, besonders betroffen.

Das Ergebnis war, daß der agrartechnische Fortschritt stagnierte ¹⁾, der relative Anteil von Arbeitskräften in der Landwirtschaft an der Gesamtzahl der Erwerbstätigen rapide abnahm ²⁾ und die Qualifikationsstruktur der agrarischen Arbeitskräfte sich erheblich verschlechterte. ³⁾

Diesem Prozeß im Bereich der Landwirtschaft entspricht die Entwicklung Deutschlands zum Industriestaat. Die Industrieproduktion wuchs stürmisch, angeheizt durch die Prosperität der Jahre vor der Reichsgründung, durch die Kriegsproduktion und die französischen Kriegskontributionen, vor allem aber, weil der Wirtschaftsraum mit der Reichsgründung national geeint und damit geschlossen worden war. Selbst in den Jahren nach der großen Krise verzögerte sich der Zuwachs der industriellen Produktion nur gegenüber den Raten vorhergehender Jahre. ⁴⁾ Deutschland fand Anschluß an den Umfang und das Niveau der westeuropäischen und amerikanischen Industrieproduktion. ⁵⁾

Anfang der neunziger Jahre überholte die Zahl der in der Industrie Beschäftigten die Zahl der in der Landwirtschaft arbeitenden Personen: die Gesamtzahl der industriellen Arbeitskräfte wuchs von 6 Mio im Jahr 1882 auf 8 Mio im Jahr 1895 und verdoppelte sich nahezu von 1882 bis 1907. ⁶⁾ Es bildeten sich drei große Agglomera-

1) vgl. H. Böhme 1969, S. 87

2) Er lag bei 34 % im Jahr 1907; vgl. F. Zahn 1929, S. 269.

3) Die von den Militärbehörden vorgenommenen Untersuchungen über die Schulbildung der Ersatzmannschaften für Armee und Marine wiesen ein deutliches Bildungsminimum für die preußischen Provinzen mit vorwiegend agrarischer Produktionsstruktur nach. Noch 1907 bestätigte eine Prüfung aller in die Fortbildungsschulen eintretenden Kinder, die der Handelsminister angeordnet hatte, dieses Faktum insbesondere für die Fächer Rechnen und Deutsch; vgl. P.-G. Schmidt 1966, S. 87f.

4) vgl. F. Klein 1972, S. 18

5) vgl. H. Böhme 1969, S. 97

6) vgl. F. Klein 1972, S. 19. Das Reservoir der Industriearbeitskraft speiste sich aus der absoluten Bevölkerungs-

tionszentren heraus, das niederrheinisch-westfälische Industriegebiet, Berlin-Brandenburg und Sachsen, in denen auch die Dichtkeitsziffern am stärksten zunahmen. ¹⁾

2.1.2. Der Übergang zum "Monopolkapitalismus"

Die Gründerkrise und die darauf folgende Depressionsphase hatten die Lebensfähigkeit zahlloser kleinerer, im "Gründungsieber" auf- und ausgebauter Unternehmen ²⁾ zerstört und das Fundament geschaffen, auf dem die großen Kapital- und Produktionsassoziationen aufbauen konnten." ³⁾ Der seit 1873 abfallenden Preisentwicklung versuchte die deutsche Industrie auch durch technisch-organisatorische Rationalisierung zu begegnen. ⁴⁾ Allerdings setzten solche Maßnahmen eine bestimmte Höhe des konstanten Kapitals voraus, die zu erreichen ein Ziel der Konzentration und Zentralisation des Kapitals seit den 70er Jahren war. Die personellen und finanziellen Verflechtungen zwischen dem industriellen Kapital und dem Bankkapital, das sich in der "reinigenden Krise" ebenfalls konzentriert hatte, wurden zunehmend dichter ⁵⁾.

zunahme (1916: 24,8 Mio; 1871: 41,1 Mio· 1900: 56,4 Mio; 1910: 64,9 Mio; nach F. Zahn 1929, S. 222), aus den Land- und Kleinstadtflüchtigen, den ländlichen Kleinparzellenbauern, deren Reproduktion nicht mehr über Grund und Boden allein zu gewährleisten war, aus ausländischen (polnischen) Arbeitskräften, usw.

- 1) vgl. G. Neuhaus 1926, S. 464ff. In Westfalen steigt die Dichtkeitsziffer von 1871 bis 1910 von 87,8 auf 204,0. Den Zusammenhang zwischen kapitalistischer Entfaltung und Zunahme der Dichte illustriert Düsseldorf und seine Umgebung: "Der am engsten besiedelte Regierungsbezirk Düsseldorf zeigt auch das stärkste großkapitalistische Gepräge..." (G. Neuhaus 1926, S. 466).
- 2) vgl. F. Oelßner 1949, S. 246ff, S. 250
- 3) H. Böhme 1969, S. 73
- 4) "Jetzt hieß es, mit wenigem auskommen. Teures Geld und wenige Aufträge, bei niedrigsten Preisen mühevoll heringebracht, zwangen zum Sparen in jeder Richtung, zum Verbessern der Konstruktion." (C. Matschoss 1919, S.88)
- 5) vgl. F. Oelßner 1949, S. 252ff. Insbesondere die Schwer-

Damit war die Bildung von Monopolen möglich, durch die auch dem verfallenden Preis- und Profitniveau entgegen-
gewirkt werden konnte, ¹⁾ gestattete sie doch, die Waren auf dem Binnen- oder Weltmarkt über dem Produktionspreis zu verkaufen und so die eigene Profitrate auf Kosten anderer Kapitale zu erhöhen.

Die Monopolbildung verlief in Deutschland zwar relativ rasch und frühzeitig, aber branchenspezifisch verschieden. Daher stellte das deutsche Monopolkapital von Anfang an weder ökonomisch noch politisch einen einheitlichen Block dar. Die Differenzen in den ökonomischen Produktionsbedingungen und Interessenlagen führten zu divergenten politischen Einstellungen und Handlungen, die, aufgrund der neuen Qualität der Verflechtung von Staat und Wirtschaft im "Monopolkapitalismus", ein nicht zu vernachlässigendes Gewicht in der staatlichen Politik bekamen. ²⁾

Insbesondere die Widersprüche zwischen den Monopolblöcken der sog. alten Industrien (Kohle, Eisen, Stahl, Teile des Maschinenbaus) und der sog. neuen oder Reform-Industrien (chemische, elektrotechnische, feinmechanisch-optische Industrien, Teile des Maschinenbaus) wurden nicht nur wirtschafts- und sozialpolitisch bedeutungsvoll, sondern wirkten sich auch in der Bildungspolitik aus, weshalb sie hier kurz charakterisiert werden sollen. Sie bestehen vor allem hinsichtlich der

industrie war aufgrund ihres außerordentlich hohen Bedarfs an konstantem Kapital auf die Zusammenarbeit mit den Banken angewiesen.

1) vgl. H. Nußbaum 1970, S.46f.

2) Einerseits forderten die Monopole aufgrund ihrer zielstrebigen Produktions- und Exportpolitik und des damit gegebenen Einflusses auf den gesamtgesellschaftlichen Reproduktionsprozess die Einmischung des Staates heraus, andererseits versuchten die Monopolvertreter gerade deshalb, "Einfluß auf den Staatsapparat zu gewinnen..., um Regulierungen zu verhindern oder nur solche Regulierungen zuzulassen, die für das Monopolkapital im ganzen (Lohnregulierung) oder für einzelne seiner Gruppen günstig sind." (H. Nußbaum 1970, S. 50). Vgl. dazu auch I.M. Faingar 1959; A. Schröter 1966.

- Produktionsvoraussetzungen: die alten Monopolbranchen fanden ihre Rohstoffe im Inland vor, die neuen Monopolzweige erhielten ihre Ausgangsstoffe über inländische (alte) Monopole oder durch Import;
 - Marktorientierung: die Montangruppe war binnenmarkt-, die neue Industrie exportorientiert;
 - Organisationsform: die alte Gruppe war häufiger in Form von individuellen Einzelkapitalen organisiert, die neue Gruppe als Gesellschaftskapital;
 - Produkte: den standardisierten Massenprodukten der Schwerindustrie stand eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte der neuen Industrien gegenüber.¹⁾
- Auf wichtige Unterschiede in den jeweils angewandten Produktivkräften gehen wir später ein.

2.1.3. Deutschlands Aufstieg zur wirtschaftlichen Weltmacht

Unter den krisenspezifischen Gegenmaßnahmen gegen den tendenziellen Fall der Profitrate wurde als eine außenorientierte Strategie die Expansion der nationalen Kapitalbewegung auf dem Weltmarkt genannt.

Da diese Maßnahme eines der wichtigsten Momente der deutschen Wirtschaftsentwicklung ab 1873 bedeutete, das auch in der bildungspolitischen Diskussion seine Spuren hinterließ, gehen wir zunächst kurz auf die Wirkungsweise dieser Strategie ein; anschließend wird dann ihre konkret-historische Erscheinungsform charakterisiert.

Die Bedeutung des Weltmarkts besteht darin, daß er dem nationalen Warenlager neue Absatzgebiete eröffnet und so den Bereich kauffähiger Nachfrage erweitert. Zudem ermöglicht er Arbeitsteilung, Spezialisierung und Differenzierung der Produktion im internationalen Maßstab. Schließlich schafft er den Zugang zu Produktionsfaktoren, die im nationalen Wirtschaftsraum nicht vorhanden oder nur teuer zu beschaffen sind, z.B. zu Rohstoffen, Arbeitskraft, Sachverstand.

1) vgl. A. Leisewitz 1972, S. 471

Mit exportiertem nationalen Kapital können Rohstoffquellen erschlossen, entwicklungsfähige Industrien unter Kontrolle gebracht, fremde Arbeitskräfte ausgebeutet, neue Märkte erobert, abgesichert und ausgeweitet werden.¹⁾

Damit wird tendenziell die Konkurrenz mit anderen nationalen Kapitalen ubiquitär. "Das nationale Kapital wird zwangsläufig imperialistisch."²⁾ Je stärker das nationale Kapital weltmarktabhängig wird, umso bedeutender wird die Rolle des Staates, der die nationalen Kapitalinteressen nach außen vertritt.

Deutschland festigte seine Position auf dem Weltmarkt in der Phase sozioökonomischer Krise und Depression 1873 bis 1896, ebenso wie die anderen Industrienationen: England, Amerika, Österreich, Frankreich, Italien, Rußland.³⁾ Der Export wurde gewaltig gesteigert.⁴⁾ Insgesamt jedoch überwog der Import den Export.⁵⁾ Deutsche Unternehmer wurden in aller Welt initiativ; die

1) vgl. C. v. Braunmühl 1973, S. 71ff.

2) a.a.O., S. 72. - Auf die gegenwärtige geführte Imperialismusdebatte, die speziell die kategoriale Relevanz des Weltmarkts für die kapitalistische Entwicklung beinhaltet, kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Es sei verwiesen auf die Diskussionsbeiträge von C. v. Braunmühl 1973 und dies. 1974.

3) vgl. H. Rosenberg 1967, S. 26

4) Die Exportquote (bezogen auf das Nettosozialprodukt zu Marktpreisen) fiel zunächst bis zur Jahrhundertwende, stieg aber dann sehr schnell an; vgl. W.G. Hoffmann 1965, S. 151, Tab. 65 und S. 153, Tab. 66 und 67. Partner im Exportgeschäft waren vorwiegend europäische Länder. England wurde als Handelspartner weniger wichtig.

5) Der Löwenanteil des Imports fiel auf Rohstoffe; vgl. W.G. Hoffmann 1965, S. 160, Tab. 71. Als Lieferanten wurden zunehmend überseeische Länder, insbesondere Amerika, wichtig. K. Borchardt 1972 spricht von einer "Enteuropäisierung" des Imports (S. 96).

deutschen Kapitalanlagen im Ausland nahmen zu.¹⁾
Mit dem Aufstieg zur wirtschaftlichen Weltmacht wurde Deutschland auch immer stärker abhängig von den internationalen Kapitalbewegungen und den sich verschärfenden Konkurrenzverhältnissen auf dem Weltmarkt. Dieses Faktum ist der reale Kern eines bildungspolitisch oft gebrauchten Argumentationsmusters, das alle Vorschläge und Handlungen damit rechtfertigte, daß sie die internationale Konkurrenzposition Deutschlands verbessern könnten.²⁾ Als Prototyp der internationalen Konkurrenten wurde dabei sehr häufig England genannt.³⁾

- 1) Die Auslandsemissionen, die nach W.G. Hoffmann als Maßstab für den gesamten Kapitalexport gelten können, verdoppelten sich im Zeitraum von 1883 bis 1913; vgl. W.G. Hoffmann 1965, S. 262, Tab. 43. Die Kapitalanlagen, über die sich allerdings erst ab 1882 - und dann noch relativ ungenau - Angaben machen lassen, erhöhten sich von rd. 7 000 Mio Mark im Jahr 1882 auf 20 000 Mio Mark im Jahr 1913 (W.G. Hoffmann 1965, S. 262, Tab. 43).
- 2) Vgl. etwa A. Wernicke 1900
- 3) Noch um die Mitte des 19. Jahrhunderts besaß England als "Werkstatt der Welt" das industrielle Monopol auf dem Weltmarkt. Innerhalb des Zeitraums von 1860 bis 1890/1900 verlor die englische Wirtschaft ihre Dynamik und wurde zur "trägststen und konservativsten" Industriewirtschaft. (Dieser Prozeß bildet "das Kernproblem der britischen Wirtschaftsgeschichte"; vgl. E.J. Hobsbawm 1970, S. 13ff., bes. auch S. 23ff.) Die zunächst führende Rolle Englands hatte bewirkt, daß in Deutschland die Entwicklung der neuen wissenschafts- und forschungsintensiven Industrien unter dem Aspekt eines Kampfes gegen die englische Vorherrschaft auf dem Weltmarkt (entsprechend auch in der Weltpolitik) vorangetrieben wurde; vgl. z.B. für die Teerfarbenindustrie A. Leisewitz 1972, S. 454ff. Die englischen Waren unterlagen schließlich der Konkurrenz der billigen Produkte der Serien- und Massenfabrikation und den neuen Erzeugnissen der wissenschaftsintensiven Produktion in deutschen Industriebranchen. Deutschland ging als Sieger aus der ökonomischen Konkurrenz mit England hervor.

Das Interesse der Unternehmer, Extraprofite im internationalen Maßstab zu machen, das sich als internationalisierter "Zwang zur Konkurrenz" darstellte, verlangte insbesondere von den exportorientierten und den nicht durch Schutzzölle u.ä. abgeschirmten importabhängigen Kapitalfraktionen, das eigene Produktivitätsniveau an das jeweils international höchste Niveau anzupassen und darüber hinaus zu entwickeln. Für Nationen mit annähernd gleichem Stand der Produktivkraftentwicklung resultierten daraus auch ähnliche Probleme der Produktivkraftsteigerung; sie alle mußten dazu übergehen, die Determinanten des jeweiligen Produktivkraftniveaus systematisch und theoretisch zu bestimmen und die Erzeugnisse praktisch umzusetzen.

Zusammenfassend können wir also sagen: Die Internationalisierung der Konkurrenz bewirkte einen Ausgleich der nationalen Produktivkraftniveaus und eine Parallelisierung der nationalen Produktivkraftentwicklung auf internationaler Ebene. ¹⁾ Eine der wichtigsten Bestimmungsgrößen des Produktivitätsniveaus ist die Qualifikationsstruktur der Arbeitskraft. ²⁾ Da den Schulen die Funktion zugewiesen ist, die menschliche Arbeitskraft den ökonomischen Interessen entsprechend auszubilden, wird verständlich,

1) Genau genommen handelt es sich um eine "Intermetropolisierung", die zunächst nur in den Metropolen, den fortgeschrittensten Zentren kapitalistischer Produktionsverhältnisse, abläuft. Länder an der ökonomischen Peripherie bleiben ausgespart. Ihre Unterentwicklung, auch hinsichtlich des Produktivkraftniveaus, ist eine Voraussetzung für die Entfaltung des metropolitanen Kapitals. Allenfalls wird ihnen eine nachgeordnete Akkumulation und Produktivkraftentfaltung zugestanden; vgl. C. v. Braunmühl 1973, S. 78ff.

2) vgl. F. Janossy 1966, S. 223ff.

daß die Internationalisierung der Konkurrenz und der Produktivkraftentwicklung auch international Bemühungen um die je nationalen Bildungssysteme hervorrief, wie später exemplarisch an der Reform des mathematischen Unterrichts gezeigt werden soll. ¹⁾

Während die allgemeinen und theoretischen Dimensionen solcher Qualifizierungsaufgaben durchaus von den konkurrierenden Ländern gemeinsam erörtert und gelöst werden konnten, da dies als rationelles und breiter fundiertes Verfahren erschien und zudem wechselseitig Kenntnisse über die Konkurrenzfähigkeit der Bildungssysteme im internationalen Vergleich lieferte, mußte jedes Land die praktische Umsetzung und Anwendung einzeln und selbständig organisieren, eine Konsequenz der nationalstaatlichen Organisation von Bildungsprozessen, des Prinzips der Minimierung von Bildungsaufwendungen und des Interesses, die je nationale Konkurrenzfähigkeit zu befördern.

2.2. Die Vergesellschaftung der Wissenschaften

2.2.1. Zur Terminologie

Wissenschaft als historisches Phänomen hatte immer auch die Dimension der Gesellschaftlichkeit. Wissenschaftliche Arbeit setzte voraus, daß die Reproduktion der Gesellschaft durch materielle Produktion gewährleistet war.

- 1) Die Rückständigkeit des Bildungswesens kann zur Schranke der Produktivkraftentwicklung werden. So behauptet Hobsbawm, daß das niedrige Niveau wissenschaftlich-technischer Produktivkraft der Arbeit in England (vgl. S. 36) auch den Mängeln des Bildungssystems geschuldet sei. Ein Vergleich der vom Ausbildungssektor gelieferten Qualifikationen ergibt: Großbritannien besaß 1913 nur 9 000 Universitätsstudenten, Deutschland dagegen 60 000. Auf 10 000 Einwohner entfielen 1900 in England nur 5 Studenten, in den USA 13. Nur 350 Studenten machten in England und Wales einen "honours degree" mit Note 1 oder 2, von denen wiederum nur wenige für die Forschung qualifiziert waren. Deutschlands THs entließen dagegen jährlich 3 000 akademisch ausgebildete Ingenieure; vgl. E.J. Hobsbawm 1970, S. 17, J. Perry 1900.

Über den gesellschaftlichen Arbeits- und Lebensprozeß bezog die Wissenschaftsentwicklung Ausgangspunkte und befördernde Anstöße. Wissenschaftliche Theorien trugen den Stempel herrschender gesellschaftlicher Ideologien. Doch blieben bis ins ausgehende 18. Jahrhundert die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft relativ einseitig, insofern zwar die gesellschaftlichen Verhältnisse auf den Wissenschaftsprozess, weniger aber die Wissenschaft auf die Gesellschaft einwirkte.¹⁾ Zu einer intensiven und produktiven Wechselwirkung kam es erst im 19. Jahrhundert: Die Wissenschaften, insbesondere die Mathematik und die Naturwissenschaften, gewannen einen geplanten und kontrollierten Einfluß auf die gesellschaftliche Produktion und Reproduktion. Die wissenschaftliche Arbeit wurde systematisch in die gesellschaftliche Arbeitsteilung eingeflochten. Das Wissenschaftstreiben wurde zum Beruf, dessen Ausübung zunehmend durch gesellschaftliche Arbeits- und Verkehrsformen geprägt wurde. Die Wissenschaften entfalteten sich zu einem integralen Moment des gesellschaftlichen Prozesses. Wenn wir im folgenden von der "Vergesellschaftung der Wissenschaften" reden, meinen wir den Vorgang, innerhalb dessen sich die Zusammenhänge zwischen der wissenschaftlichen Produktion und der materiellen und geistigen Reproduktion der Gesellschaft in der beschriebenen Weise vervielfältigen, verdichten und symmetrisieren.

2.2.2. Die Verwissenschaftlichung der Produktion

Die Vergesellschaftung der Wissenschaften entfaltete sich voll mit der Verwissenschaftlichung der Produktion, in Deutschland also seit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts.²⁾ Sie erfaßte zunächst die von uns als "neue"

1) vgl. E. Stölting 1974, S. 54f.

2) vgl. H. Steiner 1971, S. 1471ff., bes. S. 1476f. Steiner spricht von "hochgradiger" Vergesellschaftung der Wissenschaften im Spätkapitalismus (S. 1484). Einen Überblick über die einzelnen historischen Stadien dieses Prozesses gibt J.D. Bernal 1967.

oder "Reform-"Industrien gekennzeichneten Branchen, also die chemische, elektrotechnische, optisch-feinmechanische und - partiell - die Maschinenbauindustrie. Die Ursachen für die wissenschaftliche Durchdringung dieser industriellen Zweige nur in ihrer technologischen Struktur suchen zu wollen ¹⁾, reicht nicht aus. Es ließe sich damit z.B. nicht erklären, warum die jeweiligen Produktionsbranchen nicht bereits zu dem Zeitpunkt verwissenschaftlicht wurden, als die Lösung produktionstechnischer Probleme ganz offensichtlich davon abhängig wurde, daß die handwerklich-empirischen Techniken durch wissenschaftliche Technologien ergänzt und verbessert wurden. ²⁾

- 1) vgl. A. Leisewitz 1972, S. 474f. Die von Leisewitz vorgeschlagene Unterscheidung der Produktionssektoren aufgrund der je angewandten Technologie (mechanisch-physikalisch oder stoff- und energieform-umwandelnd) kann zwar plausibel machen, warum die Verwissenschaftlichung in der chemischen und elektrotechnischen Industrie eher möglich war als in der Montanindustrie. (Bei mechanisch-physikalischen Technologien bleiben Arbeitsgegenstand und Produkt eng verwandt, während bei stoff- und energieformumwandelnden Prozessen ein viel breiteres Spektrum möglicher Endprodukte und große qualitative Unterschiede zwischen Ausgangs- und Endprodukten möglich werden.) Sie ist aber gar nicht auf alle Branchen anwendbar. So verwendet die feinmechanisch-optische Industrie in großem Umfang wissenschaftliche Resultate, wirkt aber im wesentlichen mechanisch-physikalisch auf die Arbeitsgegenstände ein.
- 2) In der optischen Industrie beispielsweise hatte Fraunhofer schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts erkannt, daß die Qualität der optischen Produktion nur gesteigert werden konnte, wenn die wissenschaftlichen Grundlagen der technischen Optik ausgearbeitet und angewandt wurden. Die bloße Existenz dieser Probleme führte jedoch keineswegs zu ihrer Bearbeitung. Sie wurden als Fragestellungen, mitunter zusammen mit zufällig gefundenen Teillösungen, konserviert und warteten auf "externe" Faktoren, die ihre vollständige Lösung zur unabdingbaren Notwendigkeit machten; vgl. H. Volkmann 1966, S. 24ff.

Entscheidend wurde die Verwissenschaftlichung der Produktion dadurch stimuliert, daß Produkte mit besonderer Qualität für den Konsum oder für wissenschaftliche Zwecke nachgefragt wurden, die mit den vorwissenschaftlich erreichbaren Produktionsmethoden ¹⁾ nicht mehr hergestellt werden konnten. ²⁾

Ein zweiter, kapitalismusspezifischer Grund war das Interesse der Unternehmer an Extraprofiten. Um mit den in- und ausländischen Konkurrenten Schritt halten bzw. diese überrunden zu können, waren die Kapitale gezwungen, die Arbeitsproduktivität zu erhöhen, d.h. durch technische Veränderung und Verbesserung der Produktionsmittel und durch Effektivierung und Rationalisierung der Arbeitsor-

- 1) Es handelt sich z.B. um handwerklich-kunstfertige Anwendung empirisch generalisierter Konstruktionsregeln, geschicktes Herumprobieren, sporadische oder zufällige Anwendung und Verwertung wissenschaftlich-technischen Kenntnisvorrates.
- 2) Wiederum ein Beleg aus der optischen Branche: Aufgrund des rapiden Bevölkerungswachstums, zunehmender Zusammenballung großer Menschenmassen auf beschränktem Gebiet unter miserablen hygienischen Bedingungen wurden Volksseuchen zu einem zentralen bevölkerungs- und gesundheitspolitischen Problem. Es entstand ein spürbarer Mangel an besseren feinoptischen medizinischen Diagnostikinstrumenten. Auch die Biologen, die den Aufbau und die Veränderungen von Zellen erforschten, waren zunehmend an stark vergrößernden und gut abbildenden optischen Systemen interessiert. So bestand ein intensiver Kontakt zwischen Carl Zeiß und dem Jenaer Biologen und Zellforscher J.M. Schleiden, der sich entscheidend auf die Verwissenschaftlichung der Mikroskopherstellung ausgewirkt hat; vgl. M. v. Rohr 1940, S. 23; H. Volkmann 1966, S. 29. Auch die Qualitätsproduktion für den Luxuskonsum der wohlhabenden großstädtischen Schichten wirkte sich als Stimulus der Verwissenschaftlichung aus (neue Konservierungstechniken auf der Basis der Bakteriologie und Keimforschung, sowie der Thermodynamik); vgl. F. Zahn 1929, S. 230 u. 239.

ganisation schneller und billiger zu produzieren. ¹⁾
Über eine bestimmte unterschiedlich gezogene, branchenspezifische Grenze hinaus können solche produktivitätssteigernde technische Innovationen nur noch durch systematisch betriebene wissenschaftliche Forschung erreicht werden.

Exkurs: Zur Anwendung von Wissenschaft auf die
Produktionspraxis

Die Anwendung natur- und technikwissenschaftlicher Theorien auf Probleme der Produktion läßt sich ganz allgemein auf folgende Weise beschreiben:

Wissenschaftliche Theorien sind Systeme experimentell geprüfter mathematisierter Verlaufsgesetze. Ein Verlaufsgesetz ist eine Formel von der Art $S_{t+\delta} = F_{\delta}(S_t)$, wobei " $S_{t+\delta}$ " und " S_t " metrisierte Situationsbeschreibungen für die Zeitpunkte $t+\delta$ und t sind. " F_{δ} " steht für eine mathematische Formel, in der Regel für eine mathematische Funktion, nach der sich, sind die (Meß-)Werte für die quantifizierten Größen (Situationsmerkmale) aus S_t bekannt, die entsprechenden Werte der quantifizierten Größen für die

-
- 1) So ist die Verwissenschaftlichung der optischen Industrie im wesentlichen ein Resultat des Konkurrenzkampfes zwischen den deutschen, französischen und englischen optischen Werkstätten. Zeiß arbeitete hart gegen den Konkurrenzdruck der anderen optischen Industrien, die ihm, einem Neuling auf dem Sektor der Mikroskopproduktion, betriebsintern akkumuliertes und unter strenger Geheimhaltung tradiertes Wissen voraus hatten. Insbesondere gelang es Zeiß und seinem Werkmeister trotz vieler Versuche nicht, die von Hartnack empirisch entwickelten leistungsfähigen Wasser-Immersionen-Objekte nachzubauen, die seit 1859 im Handel waren. Zeiß "sorgte sich nicht nur im stillen, sondern... (befürchtete) Schlimmes..., wenn es nicht gelänge, diesen Vorsprung einzuholen." (M. v. Rohr 1940, S. 30). Genau in dieser Situation gab Zeiß dem Jenaer Universitätsdozenten für Mathematik, Physik und Astronomie, Ernst Abbé, den Auftrag, "durch theoretische Vorausberechnung der Wirkung aller Linsen das Problem der Herstellung von Mikroskopobjektiven vollkommener und wirtschaftlicher zu lösen als durch bloßes Probieren" (H. Volkmann 1966, S. 16). Dies war der Anfang der wissenschaftlich fundierten optischen Industrie.

"spätere" Situation $S_{t+\delta}$ durch rein mathematische Operationen berechnen lassen. ¹⁾

Die Anwendung solcher Verlaufsgesetze umfaßt drei Schritte: Im ersten Schritt wird ein bestimmtes Produktionsproblem, sei es auf bestimmte herzustellende Eigenschaften der Produkte oder auf die Produktionsmittel bezogen, präzisiert und mathematisiert; d.h. es wird in die metrische Beschreibung einer Situation S überführt, die zu einem Zeitpunkt t_0 hergestellt werden soll. Erst durch diese Reformulierung in dem metrischen Begriffssystem einer bestimmten Theorie wird das Problem weiterer theoretischer Analyse zugänglich.

Im zweiten Schritt wird mithilfe der wissenschaftlich bewährten Verlaufsgesetze nach einer zu einem früheren Zeitpunkt t durch technische Operationen herstellbaren Situation S' gesucht, deren Eintreten nach einem Verlaufsgesetz $S_{t_0} = S_{t+\delta} = F_\delta(S'_t)$ das Eintreten der Situation S_{t_0} bewirkt.

Im dritten Schritt werden produktionstechnische Anweisungen gegeben, wie die Situation S' zum Zeitpunkt t im Produktionsablauf zu realisieren ist. Hierfür werden u.U. weitere Verlaufsgesetze benutzt.

(Ende des Exkurses)

Die Verwissenschaftlichung der Produktion hatte weitreichende Konsequenzen. Es wurden nicht nur vorhandene industrielle Bereiche wissenschaftlich durchdrungen, es entstanden auch ganz neue Industriezweige auf der Grundlage wissenschaftlicher Resultate. Außerdem wirkte sie beschleunigend auf den Monopolisierungsprozeß in der deutschen Wirtschaft. ²⁾

2.2.3. Zur Verwissenschaftlichung der Reproduktion

Zunehmend wurden auch reproduktive Sphären der Gesell-

1) Zur methodologischen Analyse der Verlaufsgesetze vgl. P. Lorenzen, O. Schwemmer 1973, S. 81f. und 174 - 176.

2) Diesen Zusammenhang illustriert A. Leisewitz exemplarisch für die chemische Industrie; vgl. A. Leisewitz 1972.

schaft wissenschaftlich erforscht und verändert, wie dies kurz am Beispiel des Gesundheitswesens gezeigt werden soll. Als Folge der rapiden Verschlechterung der Lebens- und Arbeitsverhältnisse des Proletariats in den Städten und Großstädten ¹⁾ stellten sich der Gesundheitsfürsorge neue brennende Probleme: Massenseuchen mußten unter Kontrolle gebracht werden; die Säuglingssterblichkeit war zu hoch ²⁾; Mangelkrankheiten und Ernährungsschäden waren weit verbreitet. Die Diensttauglichkeit der Rekruten schien ernsthaft gefährdet. ³⁾ Der Ausbeutung der Kolonien standen zudem zahlreiche Tropenkrankheiten von Mensch und Tier im Wege. ⁴⁾ Angesichts dieser Probleme versagten die herkömmlichen Methoden der Medizin, da sie im Grund nur "kluge Nutzenwendungen zufälliger Entdeckungen oder uralter Überlieferungen" ⁵⁾ und daher von nur beschränkter Reichweite waren. Erst mit der Entdeckung und Entwicklung der Bakteriologie und Keimtheorie wurden eine systematische medizinische Diagnostik und eine gezielte Therapie möglich. Bakteriologie, Serologie, Immunologie, Chemotherapie, Röntgendiagnostik, Blutgruppenforschung, Seuchenforschung und Hygiene entfalteten sich zu neuen systematisch-experimentellen Forschungsgebieten. Die tradierten Gebiete, insbesondere die Physiologie, verwissenschaftlichten sich durch die Rezeption mathematisch-naturwissenschaftlicher Terminologien und Theoriestücke. So waren es im wesentlichen die ökonomischen Interessen an einer kontinuierlichen Reproduktion der menschlichen Arbeitskraft und

1) vgl. O. Rühles Darstellungen in O. Rühle 1971 (1930), S. 321f. S. 325ff., S. 345f., S. 382ff., S. 490ff.

2) 1875 starben von 1000 Lebendgeborenen 243, 1900 noch 226 Kinder (Statistisches Jahrbuch für die BRD 1973, S.55). Auch die mittlere Lebenserwartung des Neugeborenen war sehr niedrig:
1871/80 35,58 Jahre f. Männer, 38,45 Jahre f. Frauen;
1901/10 44,82 Jahre f. Männer, 48,33 Jahre f. Frauen;
vgl. K. Bolte und D. Kappe 1967, Tab. 16.

3) vgl. Verhandlungen 1891, S. 440 - 447

4) vgl. A. Mette, I. Winter 1968, S. 448

5) J.D. Bernal 1967, S. 424

und die militärischen Interessen an gesunden Rekruten einerseits, aber auch der Protest liberaler und sozialdemokratischer Kreise gegen die verheerenden Zustände im Volksgesundheitswesen und in der Sozialhygiene ¹⁾ andererseits die zur Verwissenschaftlichung der medizinischen Forschung und zu staatlichen, aber auch vielen privaten Initiativen in der Gesundheitsfürsorge führten. ²⁾ Finanziert und organisiert wurde der wissenschaftliche Forschungsprozeß durch das Einzelkapital, das zur Beförderung der innerbetrieblichen wissenschaftlich-technischen Produktivitätssteigerung Laboratorien und Forschungsstätten einrichtete, ³⁾ und den Staat, der die allgemeinsten, für viele Kapitale gleichermaßen grundlegenden und verwertbaren wissenschaftlichen Forschungsaufgaben über die Universitäten oder spezielle Forschungsinstitutionen ⁴⁾ lösen ließ. Die Wissenschaftspolitik wird für den Staat, der als der Repräsentant des nationalen Gesamtkapitals die nationale Produktivkraftentwicklung an die internationalen Standards anzugleichen hatte, zunehmend unentbehrlich. ⁵⁾

-
- 1) vgl. die Ereignisse, die zur Schließung der Charité 1893 führten; in: A. Lange 1961, S. 304. Vgl. auch O. Rühle 516ff.
 - 2) Zu Initiativen des Reichs vgl. F.R. Pfetsch 1974, S. 91ff. Die Aktivitäten des preußischen Staates sind zusammengestellt für die Ära Althoff (1882 - 1907) in: A. Sachse 1928, S. 237ff. Vgl. auch A. Mette, I. Winter 1968, S. 459. Das öffentliche Fürsorgewesen expandierte: 1899 gab es eine Tuberkulosefürsorgestelle, 1903 schon 18, 1910 320. Die Säuglingsfürsorgestellen stiegen von 1 (1905) auf 1000 (1915).
 - 3) vgl. F.R. Pfetsch 1974, S. 180 und 154ff.
 - 4) z.B. die 1887 gegründete Physikalisch-Technische Reichsanstalt, die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (gegr. 1911) oder die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (gegr. 1912). Daß sich solche Grundlagenforschung für das Einzelkapital nicht "rentiert", hängt mit dem "Quasiwarencharakter" ihrer Resultate zusammen; vgl. F. Janossy 1966, S. 126ff.
 - 5) vgl. F.R. Pfetsch 1974, S. 356

2.2.4. Verwissenschaftlichung der Qualifikationsstruktur der Arbeitskraft

Mit der Verwissenschaftlichung des Arbeits- und Lebensprozesses vollendet sich auch die Trennung von Kopf- und Handarbeit. Die wissenschaftlich-technische Intelligenz bildet sich als neue Berufskategorie heraus.¹⁾

Konnte in der vorangegangenen Phase noch nahezu jeder einzelne durch Aufmerksamkeit, technisches Geschick, Überlegung und Ausdauer Arbeitsmittel und Arbeitsorganisation verbessern, so wurden jetzt die "geistigen Potenzen" aus dem Arbeitsprozeß herausgelöst und zu einer spezifischen Sorte gesellschaftlicher Arbeit zusammengefaßt.²⁾

Dabei trennt sich innerhalb der wissenschaftlich-technischen Intelligenz die Gruppe der "eigentlichen" Wissenschaftler, die die allgemeinen Theorien produzieren, von der Gruppe der Technologen, die die allgemeinen Theorien in technische Handlungsanweisungen für den Aufbau von Produktionen umsetzt. Diese Trennung schlägt sich in Unterschieden in der konkreten Arbeit, der Ausbildung³⁾ und des materiellen und sozialen Status nieder.

Ist eine wissenschaftliche Theorie erst einmal hinreichend ausgearbeitet und bewährt, dann hat sie in der Regel zahlreiche technologische Anwendungsmöglichkeiten. Es werden

-
- 1) Wir fassen hierunter alle Wissenschaftler und Technologen zusammen, die sich über ihre wissenschaftliche oder technologische Arbeit reproduzieren.
 - 2) vgl. F. Janossy 1966, S. 113ff.; das Problem, ob die Wissenschaft aus der Produktion ausscheidet oder in diese eindringt, scheint uns nur durch den laxen Sprachgebrauch zu entstehen: Die Wissenschaft als Kopfarbeit scheidet sich arbeitsteilig von der Handarbeit; wissenschaftliche Resultate werden auf die Produktion angewandt, dringen in diesem Sinne in sie ein.
 - 3) Man kann von einer "Hierarchisierung" der Ausbildungswege reden; vgl. Kapitalistische Hochschulreform 1972, S. 46ff.

daher insgesamt wesentlich weniger Wissenschaftsproduzenten als Technologen benötigt.

Fassen wir nun beide Kategorien zur wissenschaftlich-technischen Intelligenz zusammen, so belegen die Berufszählungen im Deutschen Reich ¹⁾ eine relativ starke "Intelligenzlastigkeit" der Berufsstruktur der sog. neuen oder Reformindustrien. 1907 war diejenige Branche, die die meisten "technisch gebildeten Beamten" aufwies, die chemische Industrie (48 von 1000 männlichen Erwerbstätigen); es folgte mit 46,3 der Maschinen-, Instrumenten- und Apparatebau. ²⁾ Auch diachronisch läßt sich eine "Akademisierung" der Qualifikationsstruktur in den neuen Industrien nachweisen. Für die chemische Industrie hat F.R. Pfetsch den Anteil des akademischen Personals von 1865 bis 1913 festgestellt: ³⁾

-
- 1) 1882 wurde die erste globale kombinierte Beruf- und Gewerbezahlung für das gesamte Reichsgebiet durchgeführt. Die nächsten Erhebungen folgten 1895 und 1907. Zur Qualität dieser Statistiken vgl. W.G. Hoffmann 1965, S. 182ff. Analysen dieser Statistiken lieferten u.a. F. Zahn 1929, S. 220 - 279 und G. Neuhaus 1926, S. 360 - 505.
 - 2) vgl. G. Neuhaus 1926, S. 426. Gänzlich anders stellt sich die Situation in den "alten" Industriezweigen dar. Zum Vergleich einige Zahlen: Auf je 1000 männliche Erwerbstätige entfielen im Sektor Steine und Erden 2,9, in der metallverarbeitenden Industrie 3,0, in der Textilindustrie 4,2 technisch gebildete Betriebsbeamte; vgl. G. Neuhaus 1926, S. 426.
 - 3) F.R. Pfetsch 1974, S. 158; vgl. auch A. Leisewitz 1972, S. 468; J. Kuczynski 1962, S. 34. Nach Leisewitz 1972, S. 450f. stieg die Gesamtzahl der in der chemischen Industrie Beschäftigten von 1875 bis 1895 um mehr als 12 %, wesentlich stärker als in den anderen Industriezweigen. 1895 waren mehr als 61 % der Arbeitskräfte in Großbetrieben mit mehr als 50 Beschäftigten tätig. Der Anteil der in der chemischen Industrie erwerbstätigen Personen an der Gesamtzahl aller Erwerbstätigen betrug "nur" (z.B. gemessen daran, daß die chemische Industrie mit 10 % am Gesamtexport beteiligt und damit die am weitesten exportintensive Industriebranche war) 1,1 %.

Tab. 1: Akademisches Personal in der chemischen Industrie (BASF, Hoechst, Bayer) im Vergleich zu den Gesamtbeschäftigten und den Chemikern in den Hochschulen (nach F.R. Pfetsch 1974, S. 158)

	Chemiker		Gesamtbeschäftigte in der chem. Industrie		Chemiker pro Beschäftigten		Chemiker an Univ. und TH (1900)	
	abs.	Index	abs.	Index			abs.	Index
1865	3	0,7	47 000	26,5	0,06		72 (64)	28,3
1870	10	2,5	53 000	29,9	0,2			
1875	29	7,5	65 000	36,7	0,4		74 (73)	29,1
1880	65	16,8	81 000	45,7	0,8		92	36,2
1885	112	29,2	94 000	53,1	1,2			
1890	207	52,3	123 000	69,4	1,6		124	48,8
1895	267	69,1	138 000	77,9	1,9			
1900	386	100,0	177 000	100,0	2,2		254	100,0
1905	476	123,3	207 000	116,9	2,3			
1910	651	168,6	240 000	135,5	2,7		360	141,7
1913	781	202,3	290 000	163,8	2,7			

Die wachsende Bedeutung der wissenschaftlich-technischen Intelligenz für die feinmechanisch-optische Industrie kann exemplarisch an den Zeiß-Werken gezeigt werden: ¹⁾ vgl. Tab. 2, S. 50. Der Anteil der "Beamten", d.h. im wesentlichen wissenschaftlich-technischer Angestellter, an der Gesamtbelegschaft stieg also im Zeitraum von 1870 bis 1914 von 1/12 auf etwa 1/5 an. ²⁾

In der Maschinenbauindustrie wurde bis in die 90er Jahre den "Männern der Praxis" der Vorrang vor den "Männern der Wissenschaft" eingeräumt. ³⁾ Erst als die konstruktiv-technologischen, nach 1900 die eigentlich wissenschaftlichen Dimensionen des Produktionsprozesses ⁴⁾ voll ent-

-
- 1) nach F. Auerbach 1918, S. 422. Die offiziellen Statistiken erfassen die feinmechanisch-optische Industrie in der Kategorie des Maschinen-, Instrumenten- und Apparatbaus, die bezüglich der Qualifikationsstruktur sehr heterogen sind.
 - 2) Bei der Interpretation dieser Statistik ist zu bedenken, daß in diesem Werk (wie in der optischen Industrie überhaupt) auch die Arbeiter meist qualifizierte Facharbeiter sind. In den Kriegsjahren sinkt der Anteil an "Beamten" wieder. Dies hängt zusammen mit dem Übergang von "der feinoptischen Produktion für wissenschaftliche Zwecke zur Massenproduktion von Kriegsmaterialien für Heer und Marine." (F. Auerbach 1918, S. 373)
 - 3) vgl. E. Barth 1971, S. 511. Die Monographie von C. Matschoß über den deutschen Maschinenbau bestätigt dies. Akademisch ausgebildeten Ingenieuren wird nicht selten empfohlen zu vergessen, was sie an der Hochschule gelernt haben und sich an praktisches Denken und Fühlen zu gewöhnen, denn "die Gesichtspunkte hier in der Praxis sind völlig von denen an der Hochschule verschieden, und mit theoretischen Klügeleien kommen wir nicht vorwärts." (C. Matschoß 1919, S. 129)
 - 4) Insbesondere wurden die Resultate der Werkstoffkunde, der Mechanik fester Stoffe, der Elektrodynamik rezipiert und praktisch umgesetzt.

Tab. 2: Zur Entwicklung der Berufsstruktur in den Zeiß-Werken
(nach F. Auerbach 1918, S. 422)

Jahr	Beamte	Arbeiter	Zusammen
1850	-	3	3
1860	-	5	5
1870	3	36	39
1880	12	60	72
1890	45	375	420
1900	135	870	1005
1910	450	2400	2850
1914	800	2500	5300
1915	664	4746	5410
1916	690	6328	7018
1917	744	8720	9464

faltet wurden, zeichnete sich auch eine Verwissenschaftlichung der Qualifikationsstruktur ab. ¹⁾

Zwar betrug insgesamt der Anteil wissenschaftlich-technischer Intelligenz am Fertigungs- und Forschungsprozeß nur rund 4 % der Gesamtbelegschaft ²⁾, doch erreichte er bisweilen branchenspezifisch wesentlich höhere Werte. So berichtet Matschoß, daß in der Deutschen Maschinenfabrik AG vor dem 1. Weltkrieg auf 3 Arbeiter ein Ingenieur oder technische Beamte gekommen sei. ³⁾

Die Berufszählung von 1907 ergab für den gesamten Maschinen-, Instrumenten- und Apparatebau, bezogen auf je 1000 männliche ⁴⁾ Erwerbstätige:

technisch gebildete Beamte:	46,3	
gelernte Arbeiter:	495,7	5)
ungelernte Arbeiter:	274,4	

1) Auf diese Veränderung hat auch G. Neuhaus aufmerksam gemacht: "Weit erheblicher hat sich die Anzahl der technischen Beamten in der Maschinenindustrie vergrößert, nämlich von 11 365 auf 40 079 oder rund 250 v.H.. Dieser Zuwachs beruht nicht allein auf der Vergrößerung der Betriebe und auf der Steigerung der Ansprüche an sie, sondern in großem Maße auch darauf, daß in dieser Berufsgruppe einige Berufszweige teils neu entstanden, teils eine außerordentliche Entwicklung genommen haben, welche wie die Elektrotechnik nicht nur solche Personen in steigendem Umfang verwenden muß, welche neben ihrer rein handwerklichen Ausbildung noch eine solche auf Maschinenbauschulen genossen haben, sondern auch solche, welche sich eine wissenschaftliche Vorbildung an einer Hochschule verschafft haben..." (G. Neuhaus 1911, S. 133. Die hier genannten Zahlen weichen von den Zahlenwerten in G. Neuhaus 1926 geringfügig ab, da eine andere Berechnungsgrundlage gewählt wurde.)

2) vgl. E. Barth 1971, S. 510

3) C. Matschoß 1919, S. 254

4) Ganz anders sehen die Verhältnisse für die "weibliche Erwerbstätigkeit" hier wie auch in den anderen Branchen aus. Die Zahlen dokumentieren den technologisch primitiven, ökonomisch und sozial gering bewerteten Charakter industrieller Frauenarbeit:
Von 1000 Frauen waren in der Maschinen-, Instrumenten- und Apparatebauindustrie 1,1 technisch gebildete Beamtinnen, 115,1 gelernte Arbeiterinnen, 647,5 ungelernete Arbeiterinnen. Vgl. hierzu Helene Simon 1910.

5) G. Neuhaus 1926, S. 424 bzw. 426

Der Anteil der Wissenschaftler und Technologen in Maschinen-, Instrumenten- und Apparatebau war damit sowohl relativ zur Gesamtzahl der wissenschaftlich-technischen Angestellten (40 033 von insgesamt 156 294) als auch relativ zur Gesamtzahl aller Erwerbstätigen in dieser Branche verhältnismäßig hoch. ¹⁾

Um die Zunahme der wissenschaftlichen Arbeit in der Reproduktionssphäre zu belegen, geben wir noch einige Zahlenwerte aus dem Bereich der Medizin an: Stieg schon die Gesamtzahl der Beschäftigten im Gesundheitswesen von 68 000 im Jahr 1875 auf 145 000 im Jahr 1900 und 273 000 im Jahr 1913 ²⁾, also insgesamt um mehr als 400 %, so wuchs auch die Zahl der Ärzte von 1887 bis 1909 um immerhin 93 %, die der Anstaltsärzte sogar um 431,7 %. ³⁾ Auch die Gesamtzahl der männlichen Medizinstudenten ⁴⁾ an den preußischen Universitäten erhöhte sich sowohl absolut (von 1 786 im WS 1892/73 auf 6 088 im WS 1913/14) als auch - bis zum Ende der achtziger Jahre - relativ zur Zahl der Studierenden insgesamt (von 22,9 % im WS 1872/73 auf 26,8 % im WS 1886/87 ⁵⁾).

Die Verwissenschaftlichung der Qualifikationsstruktur hatte Auswirkungen auf die Organisation wissenschaftlicher Forschung und Entwicklung, auf die soziale Wertschätzung der Arbeit von Wissenschaftlern und Technologen, auf das Bewußtsein dieser Berufsgruppen, usw.. Hierauf werden wir an späterer Stelle ausführlicher eingehen.

1) vgl. G. Neuhaus 1926, S. 427

2) vgl. W. G. Hoffmann 1965, S. 203f.

3) vgl. O. Rühle 1971, S. 518

4) Frauen sind erst ab WS 1908/09 zugelassen; ihre Zahl ist verschwindend gering (83 im WS 1908 gegenüber 3 282 Männern); vgl. Statistisches Jahrbuch f.d. Preuß. Staat 1915, S. 438.

5) a.a.O., S. 434

3. Die Wissenschaft: Die Vergesellschaftung der Mathematik

Im Verlauf des 19. Jahrhunderts vollendete sich die Vergesellschaftung der Mathematik¹⁾: Viele der in der Sphäre gesellschaftlicher Produktion und Reproduktion anfallenden Aufgaben konnten nur unter Heranziehung mathematischen Wissens noch gelöst werden. Rechnen und mathematisches Wissen erhielten den Rang von Elementarqualifikationen bzw. von höheren Kulturtechniken. Mathematisches Forschen und Lehren wurden als Beruf ausgeübt und in das System gesellschaftlicher Arbeitsteilung integriert.

-
- 1) Auch in der Geschichtsschreibung der Mathematik werden gesellschaftliche Bezüge weitgehend vernachlässigt. G. Kropp (1969, S. 15) führt insgesamt drei Arbeiten an, die "die Verbindung der Mathematik mit der geistigen Entwicklung schlechthin beleuchten" (A. Voss 1914; K. Knopp 1928, H. Gericke 1951/52). Ansätze zu einer historisch-materialistischen Geschichtsbetrachtung finden sich erstmals bei D. Struik 1948 (deutsch 1967) und G. Büll, H. Jung 1973. Diese sozialgeschichtliche Abstinenz, eine spezielle Ausprägung der gesellschaftspolitischen Zurückhaltung der meisten Mathematiker (vgl. Lenné 1969, S. 290), hängt mit deren Auffassungen vom "Wesen" der Mathematik zusammen. So sehen einige Mathematiker ihr Fach als Hilfswissenschaft für die Natur- und Sozialwissenschaften. Die positive soziale Funktion der Mathematik ist für sie daher vermittelt über den gesellschaftlichen Nutzen, den vor allem die Naturwissenschaften in Gestalt des wissenschaftlich-technischen Fortschritts für sich in Anspruch nehmen können. Für die Pervertierung der wissenschaftlichen Produktivkräfte in Destruktionskräfte dagegen fühlen sie sich nicht verantwortlich, da mit der "Wertfreiheit" des mathematischen Wissens eine Indifferenz gegenüber gesellschaftlichen Interessen prinzipiell für die Mathematik gewahrt bleibe. Nach G.H. Hardy 1976, S. 74, ist die Mathematik "an unprofitable, a perfectly harmless and innocent occupation". Andere Mathematiker wiederum begreifen daher von vornherein die Mathematik nur als ein schönes, hochintellektuelles und exklusives Spiel (vgl. Kambartel 1968, S. 238) jenseits aller sozialen Verantwortlichkeiten (G.H. Hardy 1967 ist hier ein besonders aufschlußreiches Beispiel). - Die Strukturmathematik, die einen Verzicht auf inhaltliche Begründungen zum methodologischen Prinzip erhebt, hat möglicherweise das soziale und politische Desinteresse von vielen Mathematikern ideologisch abgesichert: "Die Einengung der wissenschaftlichen Dis-

3.1. Die Mathematik in der Produktion und Reproduktion

3.1.1. "Politische Arithmetik"

In der Neuzeit hatte sich die kapitalistische Waren- und Geldwirtschaft zunächst jeweils im nationalen Rahmen durchgesetzt. Die Ausrichtung auf die Produktion von Waren und die Vermittlung des Tausches über das Geld verlangten, daß immer mehr Mitglieder der Gesellschaft an einen elementararithmetischen Umgang mit Waren- und Geldquanta gewöhnt waren, der auch für ein ökonomisch rationales "Wirtschaftsverhalten" unabdingbar war.

"Das Leben vieler Menschen wird von solchem (tagtäglich geforderten, H.I.) Bestimmen, Abwägen, Rechnen, Reduzieren qualitativer Werte auf quantitative ausgefüllt. Eine viel größere Genauigkeit und Grenzbestimmtheit mußte in die Lebensinhalte durch das Eindringen der Geldschätzung kommen, die jeden Wert bis in seine Pfennigdifferenzen hinein bestimmen und spezifizieren lehrte."¹⁾

Im Spätkapitalismus sind dann diese elementarmathematischen Kenntnisse und Fertigkeiten endgültig zu allgemeinen, d.h. von jedem benötigten und zumeist auch beherrschten Kulturtechniken geworden.

Als das Wirtschaftsleben immer stärker den Weltmarkt miteinbezog, mußten zumindest die Individuen, die berufsmäßig mit internationaler Waren- und Geldzirkulation zu tun hatten, über zusätzliche Kenntnisse ausländischer Währungen, Maße und Gewichte und die Techniken ihrer Umrechnung in das jeweils nationale metrische System verfügen.

kussion auf formale Theorien scheint die Vernunft auf das Refugium zurückzunehmen, in dem sie sich, von Fragen der Weltanschauung und des Bekenntnisses gereinigt, auf ihr Eigentlichstes beschränken kann". (F. Kambartel 1968, S. 240)

1) G. Simmel 1958 (1900^I), S. 499

An den Arbeitsplätzen in den Banken, Börsen und sonstigen Kreditinstituten, deren Anzahl im Zuge der expandierenden Geldzirkulation stark angestiegen war, wie auch in den Büros der kapitalistischen Großunternehmen waren Prozent-, Termin-, Zins- und Zinseszinsrechnung unentbehrlich. Das im 19. Jahrhundert sich neu herausbildende Versicherungswesen, die privaten Personen- und Sachversicherungen wie vor allem die öffentlich-rechtlichen Sozialversicherungen ¹⁾ steigerten den Bedarf an mathematischen, besonders versicherungsmathematischen Qualifikationen ²⁾. Um Prämien, Zinsfüße, Deckungsfonds usw. zu berechnen, mußte man auf einfache Zins- und Zinseszins- und Rentenrechnung zurückgreifen, aber auch auf "formale Bevölkerungstheorie", Sterblichkeitstabellen, Invaliditätsmessungen, und damit - die Bevölkerungsexplosion hatte zum erstenmal in der Geschichte "Massen-

-
- 1) vgl. P. Moldenhauer 1922. Im Rahmen der Bismarckschen Sozialversicherungspolitik wurden die Unfallversicherung (1884), die Krankenversicherung (1883), die Alters- und Invalidenversicherung (1889) eingeführt. Daneben gab es zahlreiche Privatversicherungen.
 - 2) Das betraf zunächst die spezifische Berufsqualifikation. Nach W.G. Hoffmann 1965, S. 202, stieg die Zahl der Beschäftigten im Bank-, Börsen- und Versicherungswesen von 691 000 im Jahr 1875 auf 1 664 000, also um mehr als das Doppelte, im Jahr 1900 und auf 2 607 000 im Jahr 1913. Allein im kommerziellen Versicherungswesen wuchs die Beschäftigtenzahl um mehr als das Vierfache, nämlich von 34 118 im Jahr 1882 auf 148 805 im Jahr 1907; (vgl. G. Neuhaus 1926, S. 393 und 425). Auch der Anteil der Abiturienten, die ins Bankfach gehen wollen, liegt relativ hoch (vgl. G. Ruppel 1904, S. 9). Zum anderen betraf es die allgemeinen sozialen Kompetenzen, denn jeder hatte "in seinem Leben einmal mit dem Versicherungsagenten zu thun" (G. Bohlmann 1900, S. 121). Der Mangel an solchen Kenntnissen veranlaßte die Reichsregierung, der Denkschrift über die Höhe der finanziellen Belastungen, die sich aus den Gesetzen zur Alters- und Invalidenversicherung ergeben würden, eine "mathematische Anlage" beizulegen, in der die notwendigen mathematischen Formeln abgeleitet wurden; vgl. W. Lazarus 1890.

phänomene" hervorgebracht ¹⁾ - auf die sozialstatistischen Theorien der menschlichen "Massenerscheinungen", die damals neu entwickelt worden waren. Ihre Grundlage stellen die mathematische Statistik dar, d.h. Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitstheorie ²⁾.

Zusammenfassend können wir sagen: Die "politische Arithmetik", damals als Sammelbegriff für die eben beschriebenen rechnerischen und elementarmathematischen Kenntnisse und Techniken gebräuchlich, erhielt im ausgehenden 19. Jahrhundert neue umfassende Bedeutung als eine spezielle Berufsqualifikation und als allgemeine soziale Kompetenz ("Kulturtechnik").

Wir wollen hier noch auf einen weiteren Aspekt dieser Entwicklung hinweisen, der an späterer Stelle relevant werden wird. G. Simmel hat beschrieben, wie die mit der entfalteten Geldwirtschaft gesetzte "Notwendigkeit fortwährender mathematischer Operationen im täglichen Verkehr" der Menschen das "Ideal zahlenmäßiger Berechenbarkeit" als "zeitpsychologischen Zug" hervorbringt, d.h. die Vorstellung, es könnten und sollten alle auftretenden Probleme mithilfe quantifizierender mathematischer Methoden gelöst werden:

"Die geistigen Funktionen, mit deren Hilfe sich die Neuzeit der Welt gegenüber abfindet und ihre inneren - individuellen und sozialen - Beziehungen re-

- 1) Zur Definition der Massenerscheinung und ihrer mathematischen Formulierung vgl. E. Czuber 1903, S. 302f.: "Gewisse Erscheinungen im Dasein menschlicher Individuen, die für den Umfang und die innere Struktur einer Gemeinschaft von Bedeutung sind, ... weisen Analogien auf mit zufälligen Ereignissen: regellos und daher ohne wissenschaftliches Interesse im einzelnen, zeigen sie in großen Vereinigungen eine gewisse Beständigkeit in der relativen Häufigkeit ihres Auftretens und geben dadurch Anlaß zu m e n s c h l i c h e n M a s s e n e r s c h e i n u n g e n . Bei der wissenschaftlichen Betrachtung dieser Erscheinungen tritt das Einzelwesen lediglich als Träger eines bestimmten ins Auge gefaßten Zustandes oder einer Zustandsänderung auf ... Das Resultat der Untersuchung kommt in q u a n t i t a t i v e n Bestimmungen zum Ausdruck." Vgl. auch R. Hamann/J. Hermand 1959, S. 196.
- 2) vgl. E. Netto 1901, S. 236

gelt, kann man größtenteils als *rechnende* bezeichnen. Ihr Erkenntnisideal ist, die Welt als ein großes Rechenexempel zu begreifen, die Vorgänge und qualitativen Bestimmtheiten der Dinge in einem System von Zahlen aufzufangen..."¹⁾

Die Nützlichkeit rechnerischer und elementarer mathematischer Qualifikationen, die mit den sich entfaltenden kapitalistischen Produktionsverhältnissen in immer mehr Bereichen offenkundig wurde, konnte der Vorstellung Auftrieb geben und sie verfestigen, die Welt sei insgesamt nur ein "großes Rechenexempel". Die "Rechenhaftigkeit", eine Eigenschaft, die Sombart als einen hervorstechenden Charakterzug der Bürger in den reichen Handelsmetropolen des 15. und des 16. Jahrhunderts erkannt und beschrieben hat ²⁾, prägte zunehmend die sozialen Einstellungen der Menschen.

3.1.2. Die Mathematisierung der Naturwissenschaften

Die Vergesellschaftung der Mathematik war in weitem Umfang bedingt durch die Vergesellschaftung der exakten Naturwissenschaften, die als mathematisierte Theorien entwickelt worden waren. Mit der klassischen Mechanik setzte die Entwicklung der modernen mathematisierten Naturwissenschaften zu einer Zeit ein, als sich auch bürgerlich-kapitalistische Verhältnisse auszubreiten begannen. ³⁾ Die Mechanik avancierte zum Paradigma des neuzeitlichen experimentell-technischen Umgangs mit der

1) G. Simmel 1958, S. 498

2) vgl. W. Sombart 1913, S. 164

3) Die Mechanik entwickelte sich aus dem Studium der Maschinen, das Probleme der Bewegung aufwarf: "Die Maschinen führten zur theoretischen Mechanik und zum wissenschaftlichen Studium der Bewegung und Veränderung überhaupt." (D. Struik 1967, S. 107). So studierte Galilei Bewegungsabläufe und die Beziehungen zwischen Weg, Zeit, Geschwindigkeit und Beschleunigung. Vgl. auch G. Büll, H. Jung 1973, S. 207ff., H. Wallon u.a. 1970 (1937), S. 54ff.

Natur ¹⁾, für den das Messen konstitutiv wird.
Das messende Experiment ließ jetzt eine Anwendung der Mathematik auf die gewonnenen Meßergebnisse zu, von der man sich eine besondere Erkenntnissicherheit versprach:

"Indem die Sicherheit der Erkenntnis auf ihrer quantitativen Bestimmtheit gründet, die Beziehungen zwischen den Phänomenen also als quantitative, formelle erfaßt werden, wird ihre Analyse ein Anwendungsgebiet mathematischer Methoden. Die Naturwissenschaft wird zur mathematisch-geometrischen Nachkonstruktion der Natur." ²⁾

Der praktische Erfolg einer mathematisch vermittelten Auseinandersetzung mit der Natur führte zu einer ideologischen Fassung des Vernunftbegriffs. Die Ideologisierung bestand dabei im wesentlichen darin, daß

"die in der Galileischen Mechanik erfolgte Geometrisierung der Naturwissenschaft, d.h. der methodologische Primat einer Theorie des Messens im Rahmen der neuen Physik, als eine Mathematisierung der Natur bezeichnet, und diese darüber hinaus so dargestellt (wird), als handle es sich dabei um eine ursprüngliche Eigenschaft der Natur, der physikalischen Welt, selbst." ³⁾

Hatte man der Natur erst einmal einen mathematischen Aufbau als eine ihr selber ursprünglich zukommende Eigenschaft zugeschrieben, dann bestand die wissenschaftlich-analysierende Enträtselung dieses "Bauplans der Natur"

1) vgl. J. Mittelstrass 1973, S. 71f.

2) E. Stölting 1974, S. 24

3) J. Mittelstrass 1973, S. 76; in ähnlicher Weise beschreiben G. Büll und H. Jung 1973, S. 238, diesen Prozeß der Ideologisierung: "Als Hilfsmittel zur Beherrschung der Natur und der jeweiligen gesellschaftlichen Produktions- und Verkehrsformen in jeweiliger Partikularität dient die Mathematik. Sie wurde mehr und mehr zum Werkzeug des Verstandes, die Welt zu gestalten. Sie konnte dies werden, weil sie ... aus dieser Welt ... in einer ... dem Kapital dienenden Form herausabstrahiert wurde. Tritt der Mensch nun mit dieser Mathematik wieder den dinglichen Objekten ... gegenüber, so scheint es, als könne diese Welt mathematisch erzeugt werden ... Die Mathematik wird ihm (dem Bürger, H.I.) so zur reinsten, zur höchsten Form des Verstandes."

darin, die Natur mathematisch nachzukonstruieren, ihre "mathematischen Gesetze" wieder "aufzudecken". Vernünftig hieß derjenige, der die Natur verstand, und dies verlangte von ihm, angesichts des rationalistischen Begriffs einer "mathematischen Natur", die Mathematik als "Ausdruck der allgemeinen Formen" zu beherrschen. ¹⁾ Vernunft wurde zur "mathematischen Vernunft". Dieser Tendenz kam die oben beschriebene "Rechenhaftigkeit" im bürgerlichen Sozialleben zugute.

Im folgenden werden wir nun auf die Mathematisierung einzelner wichtiger naturwissenschaftlicher Disziplinen im 19. Jahrhundert eingehen.

3.1.2.1. Die Mathematisierung der Physik

Die klassische theoretische Mechanik und ihr bis dahin wichtigstes Anwendungsgebiet, die Himmelsmechanik, hatten ihr mathematisches Fundament durch Lagrange und Laplace im ausgehenden 18. Jahrhundert erhalten. Hieran knüpften die Mathematisierungsansätze des 19. Jahrhunderts an. Im einzelnen:

Die Statik wurde geometrisiert (Monge, Poincot). Ebenfalls geometrisch interpretiert wurden Bewegungsvorgänge in bewegten Bezugssystemen (Poncelet, Coriolis, Poincot), wobei die Anwendbarkeit der geometrisierten Mechanik auf die Theorie der einfachen Maschinen zumeist mitreflektiert wurde. ²⁾ Hamilton, Poisson und Jacobi mathematisierten die Dynamik durch ein System von Differentialgleichungen, deren mathematische Theorie dadurch wichtige Impulse zu ihrer raschen Weiterentwicklung erhielt. Die Dynamik wurde zudem mit der Optik, die von Gauß, Malus, Fresnel, Dupin, Cauchy, Hamilton und Plücker zur geometrischen Optik ausgebaut worden war, über die Variationsrechnung verknüpft (Hamilton). Hiermit waren bereits wichtige ma-

1) vgl. G. Büll, H. Jung 1973, S. 244

2) vgl. D.J. Struik 1967, S. 170f.

thematische Grundlagen für die spätere Fortentwicklung der Physik zur Relativitätstheorie und Quantenmechanik vorbereitet ¹⁾.

Die geometrische Analyse von Elastizitätserscheinungen (Navier, Clebsch, Cauchy, Sophie Germain ²⁾, italienische Mathematiker) führte auf die eigenständige mathematische Theorie der Tensorrechnung, die dann noch in der Hydrodynamik und später in der Relativitätstheorie fruchtbar angewendet werden konnte. Mit der komplexen Funktionentheorie wurden hydrodynamische Phänomene mathematisch dargestellt. Aus ihren Anwendungszusammenhängen, zu denen die Aerodynamik zählt, herausgelöst, verselbständigte sich die komplexe Funktionentheorie zu einem wichtigen Feld reiner mathematischer Forschung.

Fourier stellte 1822 eine erste mathematische Theorie der Wärmeleitung auf; im Zusammenhang mit der Mathematisierung einer physikalischen Theorie der Wärmeleitung verdankt die moderne mathematische Physik Fourier erste Ansätze zu einer mathematischen Theorie der Integration partieller Differentialgleichungen bei gegebenen Randbedingungen, auf denen die Physik noch heute fußt. Auch

1) vgl. a.a.O., S. 182

2) vgl. I. Todhunter, K. Pearson 1960, S. 149. Obwohl S. Germain 1816 einen Preis der Pariser Akademie der Wissenschaften für ihre Arbeit über die Schwingungen elastischer Platten erhalten hatte und zu den berühmtesten Mathematikern der Welt zählte, werden ihre wissenschaftlichen Leistungen in der Geschichtsschreibung der Mathematik nicht mehr erwähnt (selbst Struik bildet da keine Ausnahme). Es erging ihr damit so wie den wenigen anderen weiblichen Mathematikern: Sie wurden eher als Monster beachtet denn als Wissenschaftler, wenn sie nicht überhaupt totgeschwiegen wurden. (Ein Beispiel für diese Strategie des Totschweigens in einer Männer-orientierten Wissenschaft und ihrer Geschichtsschreibung ist die Astronomin Caroline Herschel. H. Mineur ist zwar voll des Lobes über die stellarstatistischen und astrophysikalischen Untersuchungen von Sir William Herschel, den Anteil seiner Schwester Caroline, die mit ihm zusammen sehr erfolgreich forschte, selber acht Kometen entdeckte und nach

Riemann wurde zu seinen Ansätzen einer mathematischen Transformationstheorie der quadratischen Differentialformen angeregt durch Probleme der Wärmeverteilung in einem festen Körper.

Im 18. Jahrhundert waren die Phänomene der Elektrizität entdeckt worden. Green legte einen ersten, mathematisch fundierten Erklärungsversuch elektrischer und magnetischer Erscheinungen vor. Er setzte damit den Anfang mathematischer Physik in England. Die Grundlagen der Potentialtheorie als eines selbständigen Zweigs der Mathematik gehen auf ihn zurück.

In seinem berühmten "Treatise of Electricity and Magnetism" (1873) systematisierte dann Maxwell die Elektrodynamik durch ein System von Differentialgleichungen zu einer einheitlichen, axiomatisch-mathematischen Theorie ¹⁾. Maxwell ist ein herausragendes Beispiel für die Wendung der Physik im 19. Jahrhundert zur "mathematischen Physik", deren Abgrenzung von der Mathematik immer schwerer fiel, da es manchmal so schien, "als ob mathematische Physik und Theorie der linearen partiellen Differentialgleichungen ein und dasselbe wären" ²⁾.

Die so konsequent mathematisierte Physik wälzte die produktionstechnischen Grundlagen vor allem jener Industriebranchen einschneidend um, die wir als wissenschafts- und wachstumsintensive Reformindustrien gekennzeichnet haben. Aber auch in anderen Produktionssektoren, auf die wir nicht im einzelnen eingegangen sind, wie z.B. im militär-

Herschels Tod 1822 seine Arbeit bis 1848 allein fortsetzte (vgl. z.B. L.M. Osen 1974, S. 71ff.), erwähnt Mineur jedoch mit keiner Silbe, vgl. H. Wallon, u.a. 1970 (1937), S. 94f.).

1) Mit Maxwells mathematisierter Elektrodynamik war, ergänzt durch die Arbeiten von Hertz und Lorentz, der Grundstein gelegt für die spezielle Relativitätstheorie von Minkowski und Einstein und die allgemeine Relativitätstheorie von Einstein. Auf diese Entwicklung der modernen Physik einzugehen, können wir uns allerdings im Hinblick auf unsere Problemstellungen ersparen.

2) D.J. Struik 1967, S. 202

und handelspolitisch so wichtigen Schiffbau ¹⁾ oder im Hoch- und Tiefbau ²⁾, wurden physikalisch-mathematische Theorien angewendet.

3.1.2.2. Die Mathematisierung der Geodäsie

Die schon im Altertum gesellschaftlich wichtige Land- und Erdvermessung setzt nicht nur geometrisches Wissen voraus, sondern hat, geschichtlich betrachtet, auch geholfen, neues geometrisches Wissen zu bilden ³⁾. Die Geodäsie wurde erneut im 19. Jahrhundert wichtig, machten doch die sozialen Umwälzungen auf dem Lande, die mit der Aufhebung der Leibeigenschaft, dem Bauernlegen und später durch die Abwanderung der Landbevölkerung in die Städte in Gang gebracht worden waren, Katastervermessungen erforderlich, um die Felder neu zu ordnen. Hinzu kam, daß für das Anlegen und die Benutzung der vielen neuen Transportwege, Straßen, Eisenbahn- und Schifffahrtslinien, später der Fluglinien, sowie für den Bergbau das Land kartographisch erfaßt und die Erdgestalt exakt beschrieben werden mußten. Seit 1816 wurde in Deutschland an einer "Karte des Deutschen Reiches im Maßstab 1:100 000"

-
- 1) Die deutsche Kriegsflotte wurde ab 1898 ausgebaut, besonders intensiv nach den Novellen von 1900, 1906, 1908 und 1912. In den letzten Jahren vor dem 1. Weltkrieg wurden sogar 60 % des Rüstungsetats für den Flottenbau verwendet; vgl. H.-U. Wehler 1973b, S. 165 - 170.
 - 2) Das Baufach war auch für die Abiturienten relativ attraktiv. Nach Ruppel wählten im Zeitraum von 1875 bis 1899 2790 Gynmasial-Abiturienten (von insgesamt 85 054) das Baufach. Die Expansion des Bauwesens ist am Anstieg der Beschäftigtenzahlen abzulesen: 1875 waren es 530 000, 1913 1 630 000, die im Bauwesen beschäftigt waren; vgl. W.G. Hoffmann 1965, S. 196 - 199.
 - 3) Beispielsweise mußten in Ägypten die Ackergrenzen nach den Nilüberschwemmungen jährlich neu festgesetzt werden. Das römische Reich mußte vermessen und kartographiert werden, damit das Steuersystem aufrechterhalten werden konnte.

gearbeitet, "welche für den unmittelbaren militärischen Gebrauch bestimmt" war ¹⁾.

Um alle diese Aufgaben realisieren zu können, mußten die geodätischen Techniken, besonders auch die Verfahren geometrischer Konstruktion und Berechnung vervollkommen und vervollständigt werden. In Deutschland widmete sich ab 1820 vor allem Gauß dieser Aufgabe, der dabei eine umfangreiche praktisch orientierte Tätigkeit ²⁾ "aufs engste mit tiefeschürfenden theoretischen Untersuchungen" ³⁾ verband. Sie führten zur Aufstellung rechnerischer Näherungstheorien, Flächentheorien, der Differentialgeometrie und der winkeltreuen Projektionstheorien. Die Beschäftigung mit dem militärstrategisch und -technisch so wichtigen Festungsbau brachte G. Monge, Dozent an der Militärschule von Mézière, auf die Problemstellungen der Darstellenden Geometrie, die er als einen besonderen Zweig der Geometrie in das mathematische Theoriegebäude eingeführt hat ⁴⁾. In der Darstellenden Geometrie wurzelt die projektive Geometrie, die auf die Arbeiten französischer und deutscher Geometer im 19. Jahrhundert zurückgeht ⁵⁾. Zudem hatte Monge in seinem 1809 erschienenen Beitrag zur Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Raumkurven und -flächen bereits wichtige differentialgeometri-

-
- 1) F. Schilling 1904, S. 110. In Frankreich hatte man mit geodätischen Vermessungen schon im 17. Jahrhundert begonnen. Sie wurden in dem 1795 gegründeten Büro für Längenbestimmung von der Abteilung für allgemeine Landvermessung fortgesetzt; vgl. H. Wallon u.a. 1970 (1937) S. 81ff.
 - 2) vgl. C.F. Gauß und die Landvermessung in Niedersachsen 1955
 - 3) D.J. Struik 1967, S. 163
 - 4) vgl. G. Monge 1798
Die Militärschulen und -akademien im nachrevolutionären Frankreich waren wichtige Zentren der mathematischen Forschung und Lehre.
 - 5) Poncelet, Steiner, Möbius, Plücker, v. Staudt u.a.; vgl. D.J. Struik 1967, S. 192ff.

sche Überlegungen angestellt und damit den Übergang zur modernen analytischen Geometrie ¹⁾ eingeleitet.

3.1.2.3. Die Mathematisierung der Chemie

Im 19. Jahrhundert streifte die Chemie den Charakter einer "klassifizierte(n) Sammlung identifizierter Substanzen mit Summenformeln und von Reaktionsvorschriften für die Umwandlung einzelner Substanzen" ²⁾ ab und stieg zu einer systematischen, experimentellen Naturwissenschaft auf, die sich vielfältig in einzelne Zweige spezialisierte und einen z.T. physikalisch-mathematischen theoretischen Unterbau erhielt.

Strukturanalysen chemischer Substanzen wurden zunächst vornehmlich an den Kristallen vorgenommen, die ein nahezu unerschöpfliches Reservoir für die Neuentdeckung und Konstitutionsbestimmung chemischer Substanzen und Elemente boten (Mineralchemie). Die kristallographischen und mineralogischen Untersuchungen machten von der Stereometrie, also einem Teil der Geometrie, Gebrauch. Als die Wissenschaftler gegen Ende des Jahrhunderts die Struktur chemischer Stoffe erforschten, analysierten sie wiederum die Kristalle stereometrisch und unterwarfen sie mathematischen Symmetriebetrachtungen ³⁾.

Die gelungene Systematisierung der chemischen Elemente im Periodensystem von 1869 unterstrich eindrucksvoll, wie unentbehrlich die Mathematik für den Versuch geworden war,

1) Sie wurde ausgebaut von Hachette, Biot, Dupin, Chasles, Cayley, Möbius, Plücker u.a.

2) J.D. Bernal 1967, S. 408

3) 1880 entdeckte P. Curie den piezoelektrischen Effekt. Die Bedeutung mathematischen Wissens für den Chemiker des ausgehenden 19. Jahrhunderts läßt sich daran messen, daß Curie erst seine Mathematikkenntnisse erweitern mußte, bevor er die Beziehungen zwischen Kristallographie und Physik theoretisch in den Griff bekam und ihm bedeutsame Ergebnisse über Para- und Ferromagnetismus gelangen; vgl. K. Heinig 1970, S. 232.

die Gesetzmäßigkeiten des Verhaltens chemischer Substanzen exakt zu formulieren.

Die organische Chemie war zunächst befaßt mit Extraktion, Reindarstellung und Analyse der einfachsten organischen Verbindungen (Öle, Zucker, Pflanzensäuren). Mit Wöhler und Liebig begannen die ersten Strukturuntersuchungen organischer Substanzen. 1867 veröffentlichte Kekulé seine Vorstellungen über die räumliche Anordnung der Atome im Molekül, denen sein Schüler van't Hoff und Le Bel mit der Stereochemie eine vorläufig endgültige theoretische Fassung gaben.

"Von diesem Zeitpunkt an wurde die dreidimensionale organische Strukturchemie ein Zweig der angewandten Geometrie, und es war jetzt möglich, sehr komplizierte Verbindungen zu analysieren und zu synthetisieren." 1)

Stereochemische Methoden wurden auch fundamental wichtig in der 1893 von A. Werner geschaffenen Komplex- (heute: Koordinations-) Chemie, der Theorie von der Zusammensetzung, dem räumlichen Aufbau und den chemischen Verhaltensweisen von anorganischen (heute auch organischen) Verbindungen höherer Ordnung. Der schnell anwachsenden Komplexität der chemischen Produkte versuchte man durch die Kombinatorik 2) Herr zu werden.

Ihre umfangreichste und konsequenteste Anwendung fanden mathematisch-physikalische Theorien jedoch in der Physikalischen Chemie. Sie stellte die erste "Hybridwissenschaft" dar, d.h. sie konstituierte sich über die systematische Anwendung physikalisch-mathematischer Begriffsbildung, theoretischer Sätze und Methoden aus Mathematik und Physik auf chemische Erscheinungen. Entsprechend ergaben sich neue Spezialgebiete: die Elektrochemie, Photo-

1) J.D. Bernal 1967, S. 410f.

2) P. Gordan und W. Alexejew wiesen 1900 die Übereinstimmung der Gordanschen symbolischen Methoden in der Invariantentheorie mit denen der Chemie nach. Beide konnten als Zweig der Kombinatorik gedeutet werden; vgl. P. Gordan, W. Alexejew 1900.

chemie, Thermochemie, Reaktionskinetik, Katalyse, usw.

Der enge Zusammenhang zwischen Chemie und Mathematik fand seinen sichtbaren Ausdruck exemplarisch in dem gemeinsamen Werk des Physiko-Chemikers W. Nernst und des Mathematikers O. Schoenflies "Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften" ¹⁾, dessen Inhaltsverzeichnis die mathematische Basis der Naturwissenschaften um die Jahrhundertwende gut umreißt:

- " 1. Die Elemente der analytischen Geometrie
2. Die Grundbegriffe der Differentialrechnung
3. Differentiation der einfachen Funktionen
4. Die Integralrechnung
5. Anwendungen der Integralrechnung
6. Bestimmte Integrale
7. Die höheren Differentialquotienten und die Funktionen mehrerer Variablen
8. Unendliche Reihen und Taylorscher Satz
9. Theorie der Maxima und Minima
10. Auflösung numerischer Gleichungen
11. Differentiation und Integration empirisch festgestellter Funktionen
12. Beispiele aus der Mechanik und Thermodynamik Übungsaufgaben
- Anhang. - Formelsammlung." ²⁾

Der Umgang mit diesem mathematischen Wissen mußte dem Chemiker vertraut sein,

"wenn er sich nicht der Gefahr aussetzen will, für die Entwicklung der theoretischen Chemie jedes Verständnis zu verlieren". ³⁾

1) Es wurde zum Standard-Lehrbuch für zahlreiche Chemikergenerationen und hat viele Auflagen erlebt (1. Aufl. 1895; 8. Aufl. 1918).

2) zit. nach der 2. Aufl. 1898, S. VIII - XII

3) Aus dem Vorwort zur 1. Aufl.

3.1.3. Mathematik und Medizin

Im allgemeinen Teil haben wir am Beispiel der Medizin die Verwissenschaftlichung eines wichtigen Bereichs der gesellschaftlichen Reproduktion nachgezeichnet.

Bis tief in das 19. Jahrhundert hinein herrschten in der Medizin spekulativ-naturphilosophische und naturhistorische Anschauungen vor, die im Zuge ihrer Verwissenschaftlichung den "strengen" theoretischen Ergebnissen der Naturwissenschaften, anfänglich der Chemie, dann der Physik und Biologie weichen mußten. Im selben Maße aber wie die empirisch-handwerkelnnde Medizin in den Rang einer "medizinischen Naturwissenschaft" (v. Virchow) überführt wurde, wurde die Mathematik zu ihrem "objektiven Skelett". Insbesondere von der Funktionenlehre, ihren graphischen Darstellungsmethoden und der Infinitesimalrechnung profitierte die experimentelle medizinische Forschung. Dabei waren die einzelnen Teilgebiete der Medizin unterschiedlich stark mathematisiert, am stärksten wohl die Physiologie, entsprechend ihrem besonders stark und frühzeitig ausgeprägten physikalischen Charakter ¹⁾.

3.2. Mathematik als gesellschaftliche Arbeit und Beruf

Das bis zum Ende des 18. Jahrhunderts akkumulierte mathematische Wissen war hervorgegangen aus der internationalen Zusammenarbeit einzelner genialer Forscherpersönlich-

1) Die großen Physiologen des 19. Jahrhunderts, wie v. Virchow, v. Helmholtz, du Bois-Reymond, waren zu-
meist auch ausgezeichnete Naturwissenschaftler und
Mathematiker, die die fortschreitende Verwissenschaft-
lichung der Medizin sowohl erkenntnistheoretisch re-
flektierten als auch ihren Voraussetzungen, z.B. der
Wissenschaftspropädeutik an den höheren Schulen,
starke Beachtung schenkten; vgl. S. 107ff.

keiten, die ihr individuelles Können und Wissen in die über einen regen internationalen Gedankenaustausch ¹⁾ konstituierte, zahlenmäßig kleine Gemeinschaft mathematisch Kompetenter einbrachten. Sie arbeiteten meist an den Höfen der Fürsten oder im Umkreis wissenschaftlicher Akademien (Paris, Berlin, Petersburg u.a.). Die Universitäten dagegen trugen zu der damaligen Zeit noch nichts Wesentliches zum wissenschaftlichen Fortschritt bei ²⁾.

Die materielle Situation dieser Mathematiker war prekär und unsicher. Stammten sie nicht selbst aus adligen oder großbürgerlichen Verhältnissen, die einen ausreichenden Lebensunterhalt sichern konnten, so blieben sie in der Regel auf reiche Gönner angewiesen.

Diese Situation änderte sich grundlegend mit der Französischen Revolution und der Etablierung bürgerlich-kapitalistischer Verhältnisse: Im 19. Jahrhundert war der Mathematiker nicht mehr nur (meist unbezahltes) Mitglied einer Gelehrten-Akademie, sondern wurde als Beamter an einer der zahlreichen neugegründeten oder reorganisierten Forschungs- und Lehrinstitutionen (Universitäten, Technische Hochschulen) für eine zumeist inhaltlich genau festgelegte, regelmäßige Forschungs- oder Lehr-tätigkeit, also seine wissenschaftliche Arbeit, entlohnt ³⁾.

1) Es gibt vielbändige Briefsammlungen z.B. von I. Newton, J. Bernoulli, L. Euler und Chr. Goldbach. Der nationale wissenschaftliche Gedankenaustausch litt unter der "Seltenheit" der Mathematiker.

2) vgl. C. Müller 1904

3) "Der Direktor eines Observatoriums zum Beispiel bezieht sein Gehalt, nicht weil er ein großer Astronom ist, sondern weil er die Arbeit eines Observatoriums-Direktors zu leisten hat." (H. Wallon, u.a. 1970 (1937), S. 77)

Die nationalstaatliche Organisation des Kapitalismus mit all ihren Folgen ¹⁾ sorgte auch dafür, daß der Internationalismus langsam abbröckelte und wissenschaftlichen Kontakten im nationalen Rahmen - häufig auch im nationalen Interesse - Platz machte. Latein, ehemals zur internationalen Verständigung der Wissenschaftler benutzt, wurde durch die Nationalsprachen verdrängt.

Die Permanenz eines sich ständig erhöhenden gesellschaftlichen Bedarfs an wissenschaftlich qualifizierten Arbeitskräften und an Forschungsergebnissen diktierte die Aufgabe, den zu einem Zeitpunkt vorhandenen Wissensfundus systematisch und organisiert an eine nächste Wissenschaftler-Generation weiterzugeben. Dies hieß vor allem, mit der althergebrachten Form der Lehre zu brechen. Die Vorlesungen mußten aus ihrer jahrhundertelangen Erstarrung gelöst werden, sollten sie umfassend das jeweils erreichte Niveau des mathematischen Wissens vermitteln. Dazu mußte ihr Umfang zunehmen, gleichzeitig aber sollte trotz der Stofffülle und der zunehmenden Komplexität des zu vermittelnden Wissens Verständlichkeit gewahrt bleiben. ²⁾ Um das Lehren und Lernen zu rationalisieren und zu vereinheitlichen, begann man mit der massenhaften Produktion von Lehrbüchern. Diese Werke waren häufig zugleich wissenschaftlich höchst aktuell und didaktisch brauchbar, eine

1) vgl. C. v. Braunmühl 1974, S. 30ff.

2) Eine Reorganisation des Vorlesungsbetriebes nach diesen Gesichtspunkten hat als erster in Deutschland C.G. Jacobi 1827 durchgeführt. H. Behnke 1972, S. 148, kommentiert: "Vorlesungen über Gebiete, die bis dahin an deutschen Universitäten noch gar nicht behandelt waren, ja größtenteils in diesen Jahren erst entwickelt wurden, kündigte er an... Hautnah wurde bei ihm die Verbindung von Forschung und Lehre - bis dahin unbekannt in den mathematischen Vorlesungen an den deutschen Universitäten. Vorher war der Inhalt der Vorlesungen seit Jahrhunderten... erstarrt und hatte fast nichts gemein mit den großen Entdeckungen an den Akademien der Wissenschaften der letzten 100 Jahre. Hier hat JACOBI eine Pionierleistung vollbracht".

Folge der noch geringen innerwissenschaftlichen Arbeitsteilung und Spezialisierung¹⁾. Ihre hohe Qualität sicherte ihnen einen Einfluß, der teilweise noch bis in unsere Zeit reicht²⁾.

Mit der Zunahme des Umfangs, der Komplexität und des Schwierigkeitsgrades der akademischen Forschung und Lehre in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wuchs auch das Interesse einiger Hochschulmathematiker an der wissenschaftspropädeutischen mathematischen Schulbildung. Je breiter und solider das Fundament war, das die höheren Schulen legten, desto günstiger war die Ausgangsqualifikation der Studierenden, an die die Lehre in der Hochschule ansetzen konnte. Diese naheliegende Überlegung veranlaßte u.a. viele Universitätsmathematiker, sich für die Reform des Mathematikunterrichts der höheren Schulen zu engagieren. Hierauf werden wir später noch genauer eingehen.

1) "Die gelehrten Abhandlungen für die Kenner, die so charakteristisch für die Zeit von Euler (1703 - 1783, H.I.) waren, mußten durch Handbücher für den Hochschulunterricht ergänzt werden. Einige der besten Lehrbücher des frühen neunzehnten Jahrhunderts waren für die Ausbildung an der Ecole Polytechnique oder an ähnlichen Institutionen ausgearbeitet." (D.J. Struik 1967, S. 167). Struik nennt als Beispiele: Legendres Lehrbuch der elementaren Geometrie ("Eléments de géométrie" 1794), Monges Darstellende Geometrie ("Géométrie descriptive" 1795 - 1799), das Lehrbuch über die Differential- und Integralrechnung von S.F. Lacroix ("Traité du calcul différentiel et du calcul intégral" 1797), das Lehrbuch über die Statik von Möbius (1837), Reyes "Geometrie der Lage" (1868) und die zahlreichen Lehrbücher über die Analysis, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erschienen sind.

2) vgl. D.J. Struik 1967, S. 166f., S. 205

4. Der Ausbildungssektor: Zur Bildungspolitik Preußens ¹⁾

In Deutschland waren die Schulen seit 1794 "Veranstaltungen des Staats" ²⁾; d.h. der Staat (zumeist in Allianz mit der Kirche) bestimmte und kontrollierte ihre inhaltliche und organisatorische Gestalt. Nur die finanzielle Unterhaltung blieb größtenteils den Kommunen oder Privatleuten überlassen. Auch nach 1871 lag die Bildungshoheit, eine wichtige Voraussetzung für staatliche Bildungspolitik, bei den Ländern des Deutschen Reichs. ³⁾

Nachdem der preußische Staat bis in die siebziger Jahre hinein über Lehrpläne, Prüfungsordnungen, Personalpolitik, finanzielle Steuerung, Berechtigungspolitik, usw. das Schulwesen produktionskonform, herrschaftsstabilisierend und effizient ausgerichtet

1) Die preußische Bildungspolitik ist noch nicht hinreichend erschlossen, vgl. H. Titze 1973, S. 250. Vor allem fehlt eine gründliche Gesamtdarstellung. Zu einzelnen Aspekten liegen allerdings viele Beiträge vor (z.B. H. Titze 1973, B. Voigt 1973; K. Hartmann, u.a. 1974; H.-J. Heydorn, G. Koneffke 1973).

2) Deutsche Schulgesetzgebung Bd.1 1968, S. 127

3) Der bildungspolitische Einfluß des Reichs auf Preußen und die anderen reichsdeutschen Länder war garantiert "1. durch die einheitlich geregelten Militärverhältnisse und den Heerdient (für das Militärwesen war das Reich zuständig, H.I.) und 2. durch die Freizügigkeit bei Ausübung gewisser Gewerbe und insbesondere des Standes der Ärzte" (A. Baumeister 1. Bd. 2. Abt. 1897, S. 1), die auf die tendenzielle Angleichung von Ausbildungsgängen innerhalb des Deutschen Reichs hinwirkten, vgl. a.a.O., S. 1ff. Die häufig auftretende Personalunion zwischen Reichsstaatssekretären und stimmberechtigten Mitgliedern des preußischen Staatsministeriums (vgl. K.E. Born 1960, S. 199) gewährleistete außerdem eine unmittelbare Kontinuität zwischen der Finanz- und Militärpolitik des Reiches und der Finanz- und Bildungspolitik Preußens.

hatte ¹⁾, entstanden im Gefolge der beschriebenen ökonomischen und sozialpolitischen Umwälzungen neue bildungspolitische Probleme. Die Krisenjahre hatten auch bei Akademikern zu einer hohen Arbeitslosenquote geführt. ²⁾

- 1) vgl. die unter 1) S. 71 genannte Literatur. Die historische Entwicklung des Verhältnisses Staat-Schule kann die allgemeine These F. Neumanns belegen, daß der Staat in der gesellschaftlichen Entwicklung immer so weit interveniere, wie es den Interessen der Herrschenden und deren Interpretation der ökonomischen, politischen und sozialen Gesamtsituation entspreche; vgl. J. Habermas 1971, S. 175f.
- 2) Die Krise wirkte sich nachweislich auf die Berufswahl aus. Hatten die technisch-praktischen Berufe ihre Konjunktur- und Krisenabhängigkeit im Boom der Gründerjahre und dann in der Depressionsphase drastisch gezeigt, so auch umgekehrt die akademischen, insbesondere die Beamtenberufe ihre Krisenfestigkeit. Besonders günstig wirkte sich bei der allgemeinen Preisdeflation das Faktum aus, daß Beamte ein festes Einkommen bezogen. Diese Funktionsbereiche wurden sehr attraktiv, vor allem für die mittleren Schichten, die selbst von der Krise und Stagnation empfindlich getroffen waren und wenigstens ihren Söhnen mit dem Besuch eines Gymnasiums und einer Universität eine sichere Existenzbasis geben wollten. Diese These kann belegt werden durch den gegensätzlichen Verlauf der Universitäts- und TH-Frequenzen ab der Mitte der siebziger Jahre bis in die neunziger Jahre (vgl. F.R. Pfetsch 1974, S. 176); durch den überdurchschnittlichen Anstieg der Universitätsfrequenz bis zum Ende der achtziger Jahre (vgl. Stat. Jb. f. d. Preuß. Staat 1915, S. 434); die größere Studierfreudigkeit der Abiturienten, vor allem der realgymnasialen, in den achtziger Jahren (vgl. W. Lexis (Hrsg.) 1902, S. 416f.) und schließlich das Absinken der Zahl von Abiturienten, die das Staatsbau- oder Ingenieurfach wählten (1875: 258; 1880: 163, obwohl hier ein größerer Erhebungszeitraum zugrundegelegt ist; 1885: 146; ab 1890 beginnt ein rapider Anstieg; vgl. W. Lexis (Hrsg.) 1902, S. 416f.) Da die Menschen in Ermangelung gesamtgesellschaftlicher Planung nur über solche Individualstrategien auf die Krisenerfahrungen reagieren konnten, ist es nicht verwunderlich, daß das Resultat eine "allzustarke Überproduktion der Gebildeten" (Wilhelm II. auf der Schulkonferenz 1890, Verhandlungen 1891, S. 74), insbesondere von Lehrern, Juristen, Medizinern und Journalisten war, die neue gesellschaftspolitische Probleme aufwarf.

Dieses "akademische Proletariat", das mit der eigenen materiellen Situation und den Berufsperspektiven in höchstem Maße unzufrieden war, ¹⁾ signalisierte der Staatsbürokratie eine "rote Gefahr", d.h. eine soziale und politische Bedrohung des herrschenden Systems:

"...ein junger Mann, welcher zwanzig Jahre mindestens seines Lebens an einer unmittelbaren praktischen Berufsart abgewandtes Studium betrieben hat, und der es als eine absolute Unmöglichkeit ansieht, seinen Kräften entsprechend ein Gewerbe zu ergreifen, wird naturgemäß ein Feind der bestehenden Verhältnisse." ²⁾

In dieser Situation stellte sich zum ersten Male die Notwendigkeit, die Produktion von Qualifikationen durch den Ausbildungssektor wissenschaftlich-systematisch zu planen und zu kontrollieren, indem man sie quantifizierte und auf den empirisch ermittelten faktischen oder prognostizierten Bedarf an Qualifikationen bezog. Staatliche Bildungspolitik erhielt die Dimension von Bildungsökonomie und Bildungsplanung.

Konkret-historisch ist der Ausgangspunkt der Auftrag Althoffs an den Göttinger Nationalökonom Wilhelm Lexis, eine schul- und hochschulstatistische Bedarfsplanung für einzelne Berufsgruppen zu erstellen. Lexis verfaßte daraufhin zwei Denkschriften "Über die dem Bedarf Preußens entsprechende Normalzahl der Studierenden der verschiedenen Fakultäten" (1889 und 1891) ³⁾, die vermutlich eine Grundlage für die schul- und hochschulpolitischen Entscheidungen Althoffs bzw. des Unterrichtsministerium in den folgenden Jahren abgaben.

1) vgl. A. Lange 1961, S. 292

2) Unterrichtsminister v. Goßler 1888 vor dem Abgeordnetenhaus, zit. nach H. Titze 1973, S. 258.

3) vgl. A. Sachse 1928, S. 218

In der schulpolitischen Praxis unternahm das preußische Unterrichtsministerium den Versuch, durch geeignete "Umschleusungsstrategien" (H. Titze) die Kinder des Mittelstandes von den Gymnasien auf Schulen umzulenken, deren Abschluß zwar auch mit Berechtigungen zum Hochschulstudium in bestimmten Fächern verbunden war, traditionell aber zu nicht-akademischen Berufen hinführte. Damit sollte dem Gymnasium auch der Charakter einer Bildungsinstitution für die herrschenden (gebildeten und besitzenden) Stände zurückgegeben werden. Im Rahmen dieser Strategie ist beispielsweise der freilich wenig erfolgreiche Versuch zu sehen, das Realgymnasium, das mit relativ vielen Berechtigungen ausgestattet, zum "Gymnasium des Mittelstandes" geworden war, per Dekret zu beseitigen und stattdessen die Oberrealschulen auszubauen. ¹⁾

Auch die Einführung einer Abschlußprüfung nach UII (1892) sollte den Schülerstrom auf die höheren Bürgerschulen umlenken. ²⁾

1) Der entsprechende Beschluß der Schulkonferenz von 1890 (vgl. Verhandlungen 1891, S. 795) wurde nie realisiert. Mit dem "energischen Protest der Städte" (F. Blättner 1960, S. 226), vor allem des industrialisierten Westens, verband sich der Widerstand des Militärs: Da die Kadettenanstalt in Berlin als Realgymnasium organisiert war und zur damaligen Zeit relativ zum Bedarf nur spärlichen Nachwuchs hatte, drang die oberste Heeresleitung darauf, durch Ausweitung der Berechtigungen, insbesondere zum Medizinstudium, diesen Schultyp attraktiver zu machen; vgl. O. Kämmel 1901, S. 70.

2) Die Abschlußprüfung einer Bürgerschule lieferte weit aus weniger Berechtigungen als der erfolgreiche, durch ein Abschlußzeugnis (also ohne besondere Prüfung) bestätigte Besuch der Untersekunda einer Vollanstalt. - Die von den Befürwortern der Abschlußprüfung nach UII erhofften Wirkungen blieben aus; vgl. Verhandlungen 1901, S. 175 und S. 400ff. Die neue Prüfungsordnung von 1901 hob den Beschluß der Dezemberkonferenz 1890 wieder auf und vereinfachte gleichzeitig die Abschlußprüfung der Nichtvollanstalten; vgl. H. Halfmann 1902, S. 359.

Eines der wichtigsten, in der bildungspolitischen Diskussion zeitweilig hochbrisanten Steuerungsinstrumente war die staatliche Berechtigungspolitik. Die im 19. Jahrhundert anhaltend, bisweilen sehr heftig geführte Diskussion um das Berechtigungswesen war inhaltlich auf die Berechtigung zum einjährigen freiwilligen Militärdienst und auf die Gleichberechtigung humanistischer und realistischer höherer Schulen im Hinblick auf akademische Studien- und Berufsmöglichkeiten zentriert. Insbesondere die Berechtigung zum "Einjährigen" hat historisch die Funktion eines "Bildungsregulativs" ¹⁾ übernommen. Waren schon 1793 Studenten und Personen, die Studienabsichten äußerten, von der Kantonspflicht ausgenommen worden, so wurde 1816, zwei Jahre nach der Einführung der allgemeinen Wehrpflicht, denjenigen, die die Reife für die drei Oberklassen eines Gymnasiums erworben hatten, gestattet, nach einjähriger Militärdienstzeit auf Wunsch ihren Beruf bzw. ihre Ausbildung fortzusetzen. ²⁾ Realschüler hingegen waren bis 1841 nur bei Vorlage des Reifezeugnisses, erst ab 1868 nach dem erfolgreichen einjährigen Besuch einer Untersekunda zum einjährigen Militärdienst berechtigt. Die Zulassung zum Einjährigen wurde auch für die erwähnte Umschleusungsstrategie dienstbar gemacht. Das 1892 eingeführte Zwischenexamen für die Absolventen der Untersekunda sollte insbesondere das Gymnasium vom "ungeheuren Ballast von Schülern, die bloß die Berechtigung für den einjährigen Heeresdienst erlangen wollen", ³⁾

1) "Unser Bildungsregulativ? Ja, so muß man doch unsere deutsche 'Berechtigung zum einjährig-freiwilligen Militärdienst' wohl bezeichnen; denn seit sechzig Jahren beherrscht in Preußen, seit fünfundzwanzig Jahren auch in allen übrigen deutschen Staaten diese Frage unser höheres Schulwesen in so naturwidriger Art, als ob der Reserveoffizier ... allein der Typus des gebildeten Menschen wäre." (A. Baumeister (Hrsg.) 1895 Bd.1, 1. Abt. S. LXIff.)

2) vgl. H. Halfmann 1902, S. 354

3) A. Messer 1901, S. 119

befreien und diesen auf die sechsklassigen lateinlosen Schulen umlenken. Die erhoffte Wirkung blieb aus. Eine andere Strategie schien bald erfolgversprechender: 1896 erhielten die höheren Bürgerschulen die Berechtigung zum Einjährigendienst, womit die höheren Schulen an Attraktivität einbüßten, aber auch der im Zuge der wilhelminischen Rüstungspolitik stark ausgeweitete Bedarf an militärischen Funktionsträgern flexibler und umfassender gedeckt werden konnte.

Die Zulassung zu einem fachgebundenen Universitätsstudium war seit 1834 an den Besitz eines gymnasialen Reifezeugnisses gebunden. Dieses "Monopol" der Gymnasien abzubauen war das Ziel vieler gesellschaftlicher Gruppen, die an den berechtigungspolitischen Auseinandersetzungen teilnahmen, insbesondere zahlreicher Stadtverwaltungen ¹⁾.

1859 erhielt die Realschule I. Ordnung mit der neuen Unterrichts- und Prüfungsordnung auch die Berechtigungen für das Bau-, Berg-, Forst- und Postfach. ²⁾ Trotz negativer Gutachten der Fakultäten über die Realschulabsolventen ³⁾ erzwangen weitere Petitionen 1870 die Zulassung der Abiturienten der Realschule I. Ordnung zur vollen Im-

1) Die kapitalistische Entwicklung in den industriellen Zentren erforderte einerseits naturwissenschaftliche und technologische Qualifikationen, die auf den Gymnasien nicht hinreichend erworben werden konnten; andererseits blieb die Institutionalisierung realistischer Schularten für die sie partiell finanzierenden Städte so lange "unrentabel", wie die berechtigungspolitisch viel günstigeren Gymnasien einen Großteil der Schüler absorbierten und vor allem die Oberstufen der realistischen höheren Schulen leer standen. Zudem war der Unterhalt der realistischen Schulen ohnehin billiger; vgl. Verhandlungen 1891, S. 334.

2) Dieser Verordnung war eine Petition von 35 Städten an das Abgeordnetenhaus vorangegangen.

3) Diese Einschätzungen konnten sich auf keine empirischen Daten oder Erfahrungen mit Realschülern stützen. Sie waren ein Produkt von bildungsbornierten und standespolitischen Vorurteilen.

matrikulation und zur Lehramtsprüfung in der Mathematik, den Naturwissenschaften und den neueren Sprachen.

1872 begann "die moderne Berechtigungsjagd" ¹⁾, ein energischer Kampf progressiver Kommunalverwaltungen, Kapitalfraktionen und Vereine um die uneingeschränkte Gleichstellung aller höheren Schulen. ²⁾ Diese Forderung schien legitimiert durch den hohen Beitrag der Mathematik und der Naturwissenschaften zu Deutschlands ökonomischem und politischem Aufstieg, ³⁾ zumal derselbe Entwicklungsprozeß auch die Mängel gymnasialer mathematisch-naturwissenschaftlicher Ausbildung offenbart hatte. So ging es ihnen letztlich darum, daß die in der gesellschaftlichen Praxis bereits geübte Gleich- bzw. sogar Höherbewertung der realistischen Schulbildung durch ministerielle Dekrete bestätigt und fixiert wurde. Dies geschah dann, nachdem schon in den neunziger Jahren das Berechtigungsmonopol der Gymnasien teilweise abgebaut worden war ⁴⁾, durch den Allerhöchsten Erlaß vom

1) vgl. K. Wald-Meyer 1885

2) Die Gleichberechtigung der verschiedenen Typen höherer Schulen wurde 1872 in 68 gleichlautenden Petitionen von 57 Städten gefordert. In der Folgezeit übernahmen hauptsächlich der Allgemeine Deutsche RealSchulmännerverein, der VDI, Vertreter der Technischen Hochschulen den Angriff auf das gymnasiale Berechtigungsmonopol und forderten Gleichstellung des Realgymnasiums, wie die Realschule I. Ordnung seit 1882 hieß, und der seit 1878 existierenden Oberrealschule.

3) bzw. durch die Notwendigkeit, Fremdsprachen für den internationalisierten Geld- und Warenhandel und für die internationale Politik zu können.

4) 1891 wurden die Oberrealschulabiturienten zum Studium an einer Technischen Hochschule, zum Universitätsstudium in der Mathematik und den Naturwissenschaften, sowie zum höheren Berg-, Bau-, Maschinenbau-, Schiffsbau-, Post- und Forstfach zugelassen. Gymnasialabiturienten sollten nur noch dann an einer Technischen Hochschule studieren dürfen, wenn sie zusätzlich zum Abiturzeugnis einen Nachweis über mathematische, naturwissenschaftliche und zeichnerische Qualifikationen erbrachten.

26. November 1900:

"Bezüglich der Berechtigungen ist davon abzugehen, daß das Gymnasium, das Realgymnasium und die Oberrealschule in der Erziehung zur allgemeinen Geistesbildung als gleichwerthig anzusehen sind und nur insofern eine Ergänzung erforderlich bleibt, als es für manche Studien und Berufszweige noch besonderer Vorkenntnisse bedarf, deren Vermittlung nicht oder doch nicht in demselben Umfange zu den Aufgaben jeder Anstalt gehört. Dementsprechend ist auf die Ausdehnung der Berechtigungen der realistischen Anstalten Bedacht zu nehmen." ¹⁾

Die Auswirkungen zeigten sich bald. Der Anteil realistischer Schularten bzw. Schüler an der Gesamtzahl höherer Schulen bzw. Schüler stieg beachtlich an: Tab. 3 und Tab. 4. Da infolgedessen auch mehr Schüler eine mathematisch-naturwissenschaftliche und fremdsprachliche Ausbildung erhielten, die, verglichen mit der Gymnasialbildung, intensiver war, konnte der jeweilige Bedarf an mathematischen, naturwissenschaftlichen und fremdsprachlichen Qualifikationen leichter abgedeckt werden, zumindest in quantitativer Hinsicht. ²⁾

Mit der Gleichwertigkeitserklärung war auch die soziale "Entmischung" der Schüler in die Wege geleitet: Die Gymnasien bleiben den "staatserhaltenden Ständen", der oberen und mittleren Bildungs- und Besitzschicht ³⁾ re-

1) zit. nach W. Lexis (Hrsg.) 1902, S. VII

2) Vor allem in den Industriegebieten erleichterte der Erlaß von 1900 die Bildungsplanung. Mußten in den Städten früher neben den realistischen Schulen, die von den industriellen Qualifikationserfordernissen her wichtig waren, auch Gymnasien errichtet werden, um den Söhnen der oberen Schichten auch sämtliche Berechtigungsprivilegien zukommen zu lassen, so genügte hierfür nun eine Oberrealschule oder ein Realgymnasium.

3) vgl. H. Titze 1973, S. 205ff. Eine Gesamtstatistik der sozialstrukturellen Entwicklung des Ausbildungsektors im Deutschen Reich steht noch aus. Für die Zeit bis zur Jahrhundertwende liegen einige Detailstudien vor, z.B. W. Ruppel 1904; B. Harms 1901; für die Zeit nach 1900 vgl. K. Keller 1925. Auch aus der Sozialstatistik der Studenten an preußischen Universitäten im Stat. Jahrb. f. d. Preuß. Staat 1915, S. 436ff. können einige Rückschlüsse auf die Sozialstruktur der höheren Schulen gezogen werden.

Tab. 3: Anzahl der höheren Lehranstalten in Preußen (in %):
(ohne Pro- und Realprogymnasien)

	1880	1890	1900	1910
Gymnasium	74,1	73,6	72,2	58,3
Realgymnasium	25,0	25,9	19,1	26,0
Oberrealschule	0,9	2,5	8,7	15,7

(berechnet nach den Angaben bei H. Titze 1973, S. 208 und übernommen aus der folgenden Tabelle)

Tab. 4: Die Verteilung der Schüler und Schulen auf die Schularten

Prozentzahl der höheren Schulen	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913
Gymnasien	72,2	72,3	71,6	70,9	69,8	68,4	67,4	65,7	62,5	60,1	58,3	56,3	55,9	54,8
Realgymnasien	19,1	18,6	18,9	19,6	20,2	21,1	21,2	21,5	23,4	24,2	26,0	26,9	27,5	28,5
Oberrealschulen	8,7	9,1	9,5	9,5	10,1	10,5	11,3	12,7	14,1	15,2	15,7	16,4	16,6	16,7

Prozentzahl der Schüler	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913
an Gymnasien	71,4	70,9	70,1	69,2	67,8	66,9	65,4	63,6	59,6	57,4	55,6	53,8	52,8	51,7
an Realgymnas.	17,2	17,1	17,5	18,0	18,3	18,6	19,1	19,5	22,4	23,1	24,1	25,0	25,7	26,9
an Oberrealschul.	11,4	11,9	12,4	12,9	13,9	14,6	15,4	16,9	18,1	19,5	20,3	21,2	21,5	21,4

(nach H. Weinreich 1915, S. 40)

serviert. Im Realgymnasium und in der Oberrealschule war die Sozialstruktur ausgewogener, wenn auch keineswegs der gesamtgesellschaftlichen Sozialstruktur entsprechend.¹⁾ Höhere Schulen, die nicht Vollanstalten waren, wie speziell die sechsklassige Realschule²⁾, repräsentierten nun die Bildungsinstitution der "weiten Bevölkerungsklasse des Mittelstandes"³⁾.

Die Vereinheitlichung des höheren Schulwesens wurde durch den November-Erlaß entscheidend vorangetrieben, da er die regional unterschiedlichen Berechtigungssysteme anglich. Einheitliche Ausbildungsgänge wiederum erleichterten die Mobilität von Arbeitskräften, deren Kinder höhere Schulen besuchten, wie auch die "Freizügigkeit" von Abiturienten und Studenten.⁴⁾

Der euphorische Kommentar Friedrich Paulsens zum "Allerhöchsten Erlaß" von 1900:

"Die Worte kündigen eine neue Epoche an, sie bilden die Überschrift zur Geschichte des höheren Schulwesens im 20. Jahrhundert."⁵⁾

ist berechtigt, soweit er sich auf die bildungspolitischen und bildungsplanerischen Implikate dieser Verordnung bezieht. Er vernachlässigt aber das Problem der inhaltlichen Funktionalität der höheren Schulbildung. Weder der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht an den Realgymnasien oder Oberrealschulen, noch viel weniger aber der an den Gymnasien schien geeignet, den vielfältigen Anforderungen und Erwartungen gerecht zu werden, die sich aus der voll entfaltenden Vergesellschaftung der Wissenschaften

1) vgl. H. Titze 1973, S. 207

2) Bis 1882 hieß sie Realschule II. Ordnung, bis 1892 Höhere Bürgerschule.

3) W. Lexis (Hrsg.) 1902, S. 362

4) vgl. Q. Steinbart 1904. Wir müssen uns hier auf relativ pauschale Andeutungen einschränken, obwohl dieser Aspekt ausführlicher Untersuchungen wert wäre.

5) zit. nach W. Lexis (Hrsg.) 1902, S. 36. An anderer Stelle vergleicht Paulsen den November-Erlaß mit der

ergaben.

Nur eine ausführliche, umfassende und tiefgreifende Kritik und Umgestaltung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen konnte diese qualitativen Inkongruenzen zwischen erwünschten und vorhandenen Qualifikationen ausgleichen. Hierauf werden wir nun im folgenden am Beispiel des gymnasialen Mathematikunterrichts genauer eingehen.

Beseitigung des alten deutschen Bundes und der Begründung des Deutschen Reiches unter preußischer Führung (a.a.O., S. 37).

Zweiter Teil: Die "Meraner Reform" des Mathematikunterrichts

5. Die Grobstruktur der Reform

5.1. Die Reform in Preußen

Noch auf der Berliner Schulkonferenz von 1890 hat sich ein nur geringes Interesse der Öffentlichkeit, aber auch der staatlichen Behörden an inhaltlichen Reformen des Mathematikunterrichts dokumentiert. ¹⁾ Als einziger Mathematiker war der Hagener Gewerbeschuldirektor G. Holzmüller anwesend, der neben dem verstärkten Ausbau des mittleren Schulwesens - er forderte ihn aus sozialpolitischen und ökonomischen Gründen ²⁾ - die sog. Überbürdungsproblematik thematisierte ³⁾ und die Reduzierung des gymnasialen

1) Individuelle Vorstöße zur Reform des gymnasialen Mathematikunterrichts hatten weitsichtige und fortschrittliche Pädagogen schon vor 1890 unternommen, so W. Gallenkamp, der Direktor der Friedrich-Werderschen Gewerbeschule in Berlin, auf der Schulkonferenz von 1873 mit der Forderung, Elemente der analytischen Geometrie und der Differentialrechnung in die Lehrpläne aufzunehmen; vgl. Protocolle 1874, S. 81 (R. Schimmack 1911a, S. 9 mißt der Herkunft Gallenkamps "aus dem Industriegebiet des Westens" Bedeutung für sein Handeln bei.) Bekannt wurde auch der Kölner Vortrag des Physiologen E. du Bois-Reymond von 1877, der die Konkurrenzfähigkeit des Gymnasiums gegenüber den realistischen Anstalten dadurch verbessern möchte, daß die analytische Geometrie, ein "für das Leben epochemachende(r) Lichtblick" (zit. nach R. Schimmack 1911a, S. 11/12) in den gymnasialen Mathematikunterricht aufgenommen werde. Die preußischen Lehrpläne von 1882 (vgl. Wiese-Kübler 1886, S. 110 - 139) kodifizierten die Ablehnung "moderner" Elemente endgültig. Reformdiskussionen wurden in der Folgezeit ohne besondere Resonanz in den Fachzeitschriften (insbesondere in der 1870 von J.C. v. Hoffmann gegründeten Zeitschrift für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht) geführt.

2) vgl. H. Titze 1973, S. 259ff.

3) vgl. Verhandlungen 1891, S. 270

Lehrstoffs um anachronistische, d.h. weder formalbildende noch praktisch nützliche Gebiete empfahl. Tatsächlich waren dann in den neuen preußischen Lehrplänen von 1892 Diophantische Gleichungen und Kettenbrüche gestrichen. Gleichzeitig wurden der Koordinatenbegriff und die elementaren Eigenschaften der Kegelschnitte als fakultative Lehrstoffe für die Oberklassen zugelassen. Als in der Mitte der neunziger Jahre der ökonomische Aufschwung begann, setzte auch die Kritik an den "Übelständen" im Mathematikunterricht der höheren Schulen, an seinem unzureichenden Lebens- und Berufsbezug und den methodischen Mängeln, verstärkt ein. Die mathematikdidaktischen Diskussionen - sie wurden weitgehend in und zwischen Verbänden geführt - bezogen sich zunächst auf Probleme der Lehrerbildung und der mathematischen Vorbildung der Ingenieure. Eine erste offizielle Reaktion auf diese Reformbemühungen war die neue Prüfungsordnung für Gymnasiallehrer von 1898.¹⁾ In ihr wurde versucht, den Forderungen nach einem engen Praxisbezug der Lehrerbildung dadurch nachzukommen, daß die Angewandte Mathematik²⁾ als Prüfungsfach für die Staatsexamenskandidaten zugelassen wurde und damit den Status einer neuen Lehrbefähigung erhielt³⁾ und

1) abgedruckt in der Prüfungsordnung 1898, neuer Abdruck 1903, S. 16

2) Die Prüfungsordnung präzisiert die Prüfungsanforderungen: "Kenntnis der darstellenden Geometrie bis zur Lehre von der Zentralprojektion einschließlich und entsprechende Fähigkeit im Zeichnen, Bekanntschaft mit den mathematischen Methoden der technischen Mechanik, insbesondere der graphischen Statik, mit der niederen Geodäsie und den Elementen der höheren Geodäsie nebst der Ausgleichungen der Beobachtungsfehler." (zit. nach C. Runge 1914, S. 269ff.)

3) Sie blieb allerdings geknüpft an den Nachweis einer Lehrbefähigung in der reinen Mathematik.

daß auf die Studienzeit in der Zukunft bis zu drei Semester TH-Studium angerechnet werden konnten.

Der bis zur Jahrhundertwende erreichte Diskussionsstand artikulierte sich auf der Schulkonferenz von 1900. "Realistische" Tendenzen, die sich auf der vorangegangenen Schulkonferenz von 1890 nur schwach zeigen konnten (nicht zuletzt infolge des überproportionalen Anteils der "Neu-humanisten"), traten jetzt deutlich hervor. So wurde für alle höheren Schulen die "Belebung des mathematischen Unterrichts durch Heranziehen der Anwendungen" ¹⁾ befürwortet, wobei allerdings immer wieder versichert wurde, keine "besondere Vorbildung für einzelne Zweige der Technik" ²⁾ propagieren zu wollen. Mit dem Primat der Allgemeinbildung als Zweck höherer Schulbildung sollte nicht radikal gebrochen werden. Die auf Beschluß der Schulkonferenz eingerichtete Lehrplankommission ³⁾ legte im folgenden Jahr neue Lehrpläne für die höheren Schulen vor, ⁴⁾ in denen die von der Konferenz erhobenen Forderungen nur sehr bruchstückhaft umgesetzt worden waren: Die Infinitesimalrechnung, für die sich Klein, Lexis, Slaby und Hauck so entschieden eingesetzt hatten (nur Schwalbe hatte dagegen argumentiert) war gar nicht aufgenommen worden; der Funktionsbegriff erschien lediglich als ein Sachgebiet unter anderen, dazu zeitlich knapp bemessen; von einer "Fermentierung" des gesamten Unterrichtsstoffes mit dem

1) Verhandlungen 1901, S. 153. Klein, von dem diese Forderung stammt, präzisiert sie dahingehend, daß die Analytische Geometrie des Raumes, die Darstellende Geometrie und die Differential- und Integralrechnung aufgenommen werden sollen; vgl. a.a.O., S. 381 und 392.

2) Verhandlungen 1901, S. 377

3) Zu ihrer Zusammensetzung vergleiche R. Schimmack 1911a, S. 29f.

4) vgl. Lehrpläne und Lehraufgaben für die Höheren Schulen in Preußen 1901

funktionalen Prinzip, einem Anliegen Felix Kleins, konnte nicht die Rede sein. Den reformengagierten Kreisen hatten diese Lehrpläne keinesfalls eine Realisierung ihrer Intentionen erbracht. Sie machten sich nun daran, die auf der Junikonferenz eingebrachten Vorschläge selbst zu präzisieren, auszuarbeiten und in methodisch-didaktische Handlungsanweisungen umzusetzen. So wurde auf der Breslauer Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte eine Lehrplankommission eingesetzt, die die Lehrpläne von 1901 überarbeiten sollte. In ihr waren die Gymnasien durch Pietzker und Poske, die Realgymnasien durch B. Schmid, die Oberrealschulen durch Fricke und Schotten, die Universitäten durch Gutzmer, Klein, Verworn, Chun, Cramer, die Technischen Hochschulen durch v. Borries, der VDI durch Peters, die Ärzteschaft durch Leubuscher und die Industrie durch Duisberg vertreten.¹⁾

Schon nach einem Jahr wurden auf der Naturforscherversammlung in Meran (1905) die Kernthesen zur Reform des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, die sog. Meraner Pläne, vorgelegt.²⁾ Sie erhielten auch einen Lehrplan für den Mathematikunterricht "zur Probe auf die praktische Durchführbarkeit der allgemeinen Vorschläge"³⁾.

1) vgl. R. Schimmack 1911a, S. 38f. Nach B. Schmid 1907, S. 4 deutete die hohe Zahl der Universitätsvertreter auf eine qualitative Verbesserung des Verhältnisses von Schulen und Hochschulen im 20. Jahrhundert hin. Diese Vermutung wird weder durch die gruppensoziologische Analyse (vgl. S. 88f.) bestätigt, noch hat sie sich - in dieser Allgemeinheit - im weiteren Verlauf des 20. Jahrhunderts erfüllt. Sie steht im Kontext einer Geschichtsbetrachtung, die die Deutung historischer Prozesse bei der Beschreibung der sich verändernden Einstellungen der Menschen - sie erfolgen mehr oder weniger naturwüchsig und zufällig - abbricht.

2) abgedruckt in ZmnU 36 (1905) S. 533ff. In einem allgemein gehaltenen Einleitungsbericht gibt A. Gutzmer eine Übersicht über die inhaltliche Arbeit und deren technische Organisation.

3) R. Schimmack 1911a, S. 39

Auf der Naturforscherversammlung in Stuttgart 1906 erstattete die Unterrichtskommission einen Bericht über den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht an den Reformschulen ¹⁾, den Mädchenschulen, den sechsklassigen Realschulen und nahm auch Stellung zur Frage der Schulhygiene, einem sehr aktuellen Thema in der schulpädagogischen Diskussion ²⁾.

Auf der Dresdener Versammlung der Naturforscher im Jahr darauf trugen Gutzmer und Klein ein neues Konzept zur wissenschaftlichen Ausbildung der Lehramtskandidaten der Mathematik und der Naturwissenschaften vor und referierten die Ergebnisse einer Enquete zum Stand des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, die die Unterrichtskommission mit Genehmigung des Unterrichtsministeriums durchgeführt hatte. Die Aufgaben, die sich die Breslauer Kommission gestellt hatte, waren damit erfüllt. Sie löste sich 1907 auf. ³⁾

Inzwischen hatte die Forderung nach einer gründlichen Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in breiten Teilen der Öffentlichkeit Resonanz gefunden. ⁴⁾

1) Bei diesem Schultyp setzt auf einen lateinlosen "Unterbau" ein mehrfach gegabelter Oberbau (mit realistischen, humanistischen oder gemischten Zweigen) auf. 1878 ist die erste Reformschule in Altona errichtet worden; 1892 führte Karl Reinhardt am Frankfurter Goethe-Gymnasium den sog. Frankfurter Reformplan ein, ein häufig erwähntes und in der pädagogischen Öffentlichkeit stark beachtetes Experiment; der Frankfurter Lehrplan wurde von Mathematikern häufig mit der Begründung abgelehnt, daß der Mathematikunterricht hier zum großen Teil in die Unter- und Mittelklassen vorverlagert worden sei und dort die Schüler überfordere und überbürde; vgl. Th. Ziegler 1917, S. 408f.; A. Messer 1901, S. 16f.

2) vgl. S. 224ff.

3) Im folgenden Jahr erschien ein Gesamtbericht über die Arbeit der Kommission: A. Gutzmer (Hrsg.) 1908.

4) vgl. R. Schimmack 1911a, S. 48ff, 61ff.

Dies zeigte sich an der Zusammensetzung des Deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, der 1907 auf der Naturforscherversammlung in Dresden geplanten und im Januar 1908 gegründeten Nachfolgeorganisation der Breslauer Unterrichtskommission.

Da wir auf die Mitgliederstruktur des Deutschen Ausschusses an späterer Stelle ausführlich eingehen werden, sei vorweg nur resümiert, daß sich hier ein breites Spektrum mathematischer, naturwissenschaftlicher, technologischer, medizinischer und pädagogischer Fachgesellschaften mit Vertretern der Reformindustrien zusammenfand, um vorbereitend und unterstützend an der Neugestaltung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts der höheren Schulen, der Mittelschulen und des Elementarbereichs, sowie an der Reform der Lehrerbildung mitzuarbeiten.¹⁾

Gleichzeitig mit diesen umfassenden, auf den Gesamtbereich mathematisch-naturwissenschaftlicher Ausbildung ausgerichteten Planungsarbeiten begann der Deutsche Ausschuß damit, die bisherigen Vorschläge in der Schulpraxis zu erproben. An fünf Reformenstalten wurden - im Auftrag des preußischen Staates - probeweise die Meraner Lehrpläne eingeführt²⁾ und die Erfahrungen in der schulpädagogischen

1) Die Fragestellungen des Deutschen Ausschusses waren wesentlich umfassender als die der Breslauer Gruppe. So erarbeitete der Unterausschuß für Lehrerbildung (unter Vorsitz von F. Klein) Vorschläge zur Reorganisation der gesamten Lehrerbildung, also auch der Ausbildung von Lehrern für technische Fachschulen, der Oberlehrer für die höheren Mädchenschulen, der Volksschullehrer. Hinzu kamen Stellungnahmen zu Einzelproblemen, wie z.B. zur Verwendung von Mittelschullehrern für die drei Unterklassen der höheren Schulen oder zur Relevanz der Prüfung in Allgemeinbildung im Staatsexamen; vgl. H. Weinreich 1915, S. 10f.

2) Es handelte sich um die Gymnasien in Göttingen und Hannoversch-Münden, das Realgymnasium in Düren und Oberrealschulen in Kiel und Königsberg.

Publizistik und auf den Versammlungen reformengagierter Verbände rezipiert und diskutiert. Mithilfe von Umfragen versuchte man, die Einstellungen der Lehrer und den Stand der Reformpraxis zu ermitteln, um daraus Richtlinien für die weitere Arbeit zu gewinnen. ¹⁾

Für 1913 war eigentlich ein Abschluß aller Aktivitäten vorgesehen gewesen. Doch da die Vereinsmitglieder die Reform für unvollendet hielten, wurde der Auflösungsbeschluß ausgesetzt ²⁾ und in fünf neuen Kommissionen ³⁾ angestrengt weitergearbeitet.

Während des Krieges arbeitete der Deutsche Ausschuß auf Wunsch des Unterrichtsministeriums neue Lehrpläne für den Mathematikunterricht aus, ³⁾ die dann zusammen mit Vorschlägen für den naturwissenschaftlichen Unterricht 1922 als "Neue Lehrpläne für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht an den höheren Lehranstalten" erschienen. Diese wiederum lieferten die Grundlage für die 1925 herausgegebenen Richertschen Lehrpläne. ⁴⁾ Zwischen den Meraner Lehrplänen und denen von 1925 besteht weitgehende Übereinstimmung, die auf die relativ gleichbleibende Mitgliederstruktur der jeweils verantwortlichen Gruppen zurückzuführen ist.

In der Folgezeit - die wesentlichen Probleme schienen gelöst - nahm der Deutsche Ausschuß nicht mehr aktiv an Reformen teil; er löste sich 1933 auf, "ohne daß eine Todesurkunde ausgestellt wurde." ⁵⁾

1) vgl. Jahresbericht des Oberlehrervereins 1908, S. 5 - 7

2) H. Weinreich 1915, S. 13

3) zu den Themenbereichen: Volks- und Mittelschulwesen; Jugendpflege und Fortbildungswesen; höheres Mädchenschulwesen; angewandte Mathematik; höheres Schulwesen.

4) vgl. Richtlinien 1925

5) W. Lietzmann 1960, S. 67

Nur am Rande sei auch das "Gegenstück zu dem Deutschen Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht" ¹⁾ genannt: der Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen. Auf eine Initiative des Vereins Deutscher Maschinenbauanstalten, des Unternehmerverbandes der Maschinenbauindustrien, hin wurde er ebenfalls 1908 gegründet. Dieser Verein übernahm - unter Vorsitz des VDI - den gesamten Bereich des technischen Schulwesens. ²⁾ Er überprüfte systematisch und umfassend "Berufsbilder und Ausbildungsstätten für Meister, Facharbeiter und Lehrlinge und erarbeitete laufend pädagogische Unterlagen für die Berufsausbildung in der Wirtschaftspraxis". ³⁾ Sein Ziel war die optimale Produktionskonformität und -effizienz mathematisch-technologischer Ausbildung; die wissenschaftliche und allgemeine Bildung waren weitgehend hintangestellt.

1) H. Weinreich 1915, S. 14

2) Als Arbeitsgebiete des DATSch nennt Weinreich 1915, S. 15 (kursorisch):
Lehrlingsausbildung, Heranbildung der Arbeiterschaft der mechanischen Industrie, Fortbildungsschulen, Ausbildung von Werkmeistern, Werkschulen innerhalb der deutschen Industrie, technisches Mittelschulwesen, Ausbildung der Lehrer für niedere und höhere technische Schulen, Ausbildung von Fabrikanten, technisches Hochschulwesen, gesetzlich verankerte Beseitigung von Mißständen und Auswüchsen des privaten technischen Schulwesens. Die Gesamtergebnisse sind veröffentlicht in den "Abhandlungen und Berichte über technisches Schulwesen" ab 1910.
DAMNU und DATSch sind personell verzahnt gewesen und arbeiteten auch partiell zusammen; vgl. R. Schimmack 1911a, S. 46. Dem DATSch kamen vor allem auch die reichen Finanzquellen seiner "machtvollen Freunde" (H. Weinreich 1915, S. 14) zugute.

3) M. Baethge o.J. (1970), S. 43

5.2. Die Reform als nationale Bewegung

Im Zeitraum, der zwischen der Vorlage der Meraner Pläne und dem Ausbruch des ersten Weltkrieges lag, erfaßte die Reform nicht nur den gesamten mathematisch-naturwissenschaftlichen Ausbildungsbereich in Preußen, sondern verallgemeinerte sich auch in den anderen Ländern des deutschen Reiches.

Während in Preußen die Lehrpläne von 1901 noch bis 1925 für die höheren Knabenschulen in Kraft blieben - die Unterrichtsrealität freilich wurde zunehmend an den Meraner Plänen orientiert ¹⁾ -, konzipierten Bayern und Sachsen die Lehrpläne der 1907 bzw. 1908 neugegründeten Oberrealschulen nach dem Meraner Muster. 1914 wurden sogar sämtliche höheren Schulen Bayerns den Meraner Plänen entsprechend umgestaltet. ²⁾ Auch die badischen Lehrpläne für Reformrealgymnasien, Oberrealschulen und Realschulen von 1912 sind "im Geiste der Vorschläge der Unterrichtskommission" entstanden. ³⁾ Gleiches galt für Württemberg. ⁴⁾ Hessen genehmigte die Meraner Pläne immerhin für einige Schulen. ⁵⁾ Auf die Umgestaltung des elementaren und mittleren Schulwesens sowie der Lehrerbildung im nationalen Rahmen sei hier nicht weiter eingegangen. ⁶⁾

-
- 1) "Es scheint heute bereits ein leichteres Unterfangen zu sein, die Liste der die Reform ablehnenden Anstalten in Preußen aufzustellen, als in einiger Vollständigkeit die in diesem oder jenem Grade reformfreundlichen Schulen aufzuzählen." (H. Weinreich 1915, S. 42).
 - 2) veröffentlicht im Ministerialblatt für Kirchen- und Schulangelegenheiten im Königreich Bayern (Nr. 14 v. 10. 6. 1914). G. Kerschensteiner, ein bedeutender Promotor der Reformbewegung in Bayern, ist ein Schüler Kleins gewesen.
 - 3) H. Weinreich 1915, S. 44; vgl. auch P. Treutlein 1912
 - 4) Neuer Lehrplanerlaß für die höheren Knabenschulen des Königreichs Württemberg vom 27. August 1912, vgl. Lietzmann, Geck, Cramer 1913.
 - 5) Butzbach, Darmstadt, Mainz
 - 6) Einen Überblick gibt H. Weinreich 1915, S. 50 - 57.

Dagegen soll noch kurz die Entwicklung des Mathematikunterrichts an den höheren Mädchenschulen gestreift werden.¹⁾ 1908 ist ein Markstein in der Geschichte der Mädchen- und Frauenbildung. Nach einer langen Phase der bildungspolitischen Verzögerungstaktik mußte das preußische Unterrichtsministerium in diesem Jahr den Frauen das volle Immatrikulationsrecht zugestehen. Die höheren Mädchenschulen wurden den übrigen höheren Schulen verwaltungsmäßig gleichgestellt und inhaltlich reformiert.²⁾ Daß die neuen Lehrpläne für den Mathematikunterricht³⁾ in wesentlichen Punkten mit den Meraner Plänen übereinstimmten, war nicht zuletzt dem Engagement von F. Klein zu verdanken, der schon in den neunziger Jahren zu beweisen versucht hatte, daß Frauen sogar Mathematik, allgemein als ureigenste Domäne des Mannes angesehen, erfolgreich studieren könnten.⁴⁾ Später unterstützte Klein die Forderungen nach einer besseren höheren Mädchenbildung und nach Zulassung der Frauen zum Studium. Er arbeitete an der Neuordnung des höheren Mädchenschulwesens mit und organisierte Fortbildungskurse für dessen Lehrkräfte an der Universität Göttingen.⁵⁾

Zunächst folgten nur wenige Reichsländer dem preußischen Vorbild. In Bayern traten immerhin 1911 neue Lehrpläne für

1) vgl. J. Schröder 1913

2) vgl. J. Zinnecker 1973, S. 84ff.

3) abgedruckt in: Centralblatt 1908, S. 952 - 962

4) Im Auftrag Althoffs suchte Klein während seines Aufenthaltes in Amerika 1893 nach einem empirischen Beleg für die Behauptung, daß manche Frauen studierfähig, ja sogar begabt für das Studium der Mathematik seien. Er brachte die Tochter eines Chicagoer Arztes mit, die dann bei ihm in Göttingen 1895 promovierte; vgl. A. Sachse 1928, S. 226. Zum Mathematikstudium der Frauen äußerten sich W. Lorey 1909; ders. 1911, S. 54.

5) vgl. P. Regensburger 1910, S. 34 - 40, 98 - 106

die höheren Mädchenschulen in Kraft, die sich weitgehend an den Meraner Plänen ausrichteten. Auch die sächsischen und hessischen Pläne weisen einen deutlichen Einfluß der preußischen Reformbestrebungen auf.

Freilich ist insgesamt anzunehmen, daß die Unterrichtspraxis weit hinter den Normen zurückblieb, die diese relativ fortschrittlichen Lehrpläne aufgestellt haben. Hier wirkten sich jene bekannten (und bis heute oft bemühten) Vorurteile gegen eine "mathematische Beanlagung der Mädchen" ¹⁾ und die auch von Pädagogen propagierten Ratschläge für einen Mädchenspezifischen Mathematikunterricht aus:

"Es wird im besonderen betont, der mathematische Unterricht an Mädchenschulen müsse besonders anschaulich und freundlich erteilt werden." ²⁾

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß in den meisten Ländern des Deutschen Reichs bis zum 1. Weltkrieg die mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächer an den verschiedenen Schularten nach dem Muster der Meraner Pläne neugeordnet worden sind.

5.3. Die Reform als internationale Bewegung

Wie oben dargestellt, führte die Internationalisierung der ökonomischen und politischen Konkurrenz zwischen den kapitalistischen Ländern zu einem permanenten internationalen Wettkampf um das Produktivitätsniveau und die Produktivkraftentwicklung. Daraus entsprang die Aufgabe, die nationalen Bildungssysteme ebenfalls konkurrenzfähig zu erhalten. Da die Entfaltung spätkapitalistischer Produktionsverhältnisse in den Ländern mit entsprechenden Voraussetzungen einherging mit der Integration der Wissenschaften in den gesellschaftlichen Produktions- und Reproduk-

1) H. Weinreich 1915, S. 48

2) ebd.

tionsprozeß, fanden auch in allen diesen Ländern ähnliche Reformen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts statt, so in Frankreich, England, Italien, Amerika oder Japan, um nur einige zu nennen. ¹⁾

Die Reform des Unterrichts in der Mathematik und in den Naturwissenschaften nahm "internationalen Charakter" ²⁾ an. Da Deutschland in sehr kurzer Zeit zu einem starken und gefürchteten Konkurrenten auf dem Weltmarkt geworden war, und dies von anderen Ländern oft auf die Qualität seines Bildungssystems zurückgeführt wurde, versuchten die Konkurrenznationen, Deutschland die bildungspolitischen Geheimnisse seines wirtschaftlichen Erfolges abzulauschen. Die spätkapitalistischen Länder konkurrierten nicht nur auf dem Weltmarkt und in der Weltpolitik miteinander, sondern auch in den je nationalen Bildungssystemen. So berichtete etwa Schimmack, daß die fünf Reformanstalten, die mit den Meraner Lehrplänen experimentierten, "einen ziemlich regen Besuch von ausländischen Schulmännern, die hier die praktische Ausführung der neueren Bestrebungen studieren wollen" ³⁾, erhielten.

Doch solche sporadischen "Beutezüge" nutzten nicht viel. Es kam vielmehr auf einen systematischen und organisierten Kontakt zwischen den Konkurrenznationen an, da nur er

1) Ausführliche Literatur zu den Reformbestrebungen anderer Nationen findet sich in ZmnU 44 (1913), S. 34ff, speziell zu Amerika vgl. J.W.A. Young 1906, S. 131ff.

2) Da nur die kapitalistischen Metropolen betroffen sind und die Länder an der ökonomischen Peripherie ausgeklammert bleiben, müßte es genauer "intermetropolitane Charakter" heißen, vgl. S. 37, Anm. 1.

3) R. Schimmack 1911a, S. 73, Anm. 1

den stetigen Fluß von Informationen an die zuständigen Kreise gewährleisten konnte.

Was den Mathematikunterricht betraf, so wurde ein solcher Kontakt erstmals 1908 auf dem 4. Internationalen Mathematikerkongreß in Rom auf Anregung des Amerikaners D.E.Smith diskutiert und schließlich in Form einer "Internationalen mathematischen Unterrichtskommission" (IMUK) institutionalisiert.¹⁾

Die IMUK wurde beauftragt,

"die gegenwärtigen Bestrebungen im mathematischen Unterrichte der verschiedenen Länder vergleichend zu studieren, sowie den geschichtlichen Untergrund freizulegen, auf dem sie sich bewegen".²⁾

Es ging also darum, einen vergleichenden Überblick über den aktuellen Stand, die Entwicklungsgeschichte, die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und Triebkräfte des Mathematikunterrichts im eigenen Land und in den Konkurrenznationen zu erhalten. Dieser konnte dann dem Nutzen des eigenen Landes dienen, lieferte er doch Anhaltspunkte, wie der Mathematikunterricht zu verändern sei, um Bildungsdefizite auszugleichen bzw. schon erreichte Bildungsvorsprünge auszubauen und so die extraprofitablen Produktivitätsniveaus anderer Länder einzuholen bzw.

1) Soweit wir sehen, war die IMUK die erste auf einen Fachunterricht bezogene Institution mit internationalem Charakter. "Einen wirklich internationalen Charakter" (H. Weinreich 1915, S. 33) zeigte allerdings dann erst die 2. Versammlung der IMUK im Jahr 1911 in Mailand. (Auf der ersten Tagung anlässlich der Weltausstellung in Brüssel 1910 waren vornehmlich die Nachbarstaaten Deutschlands vertreten.)

2) R. Schimmack 1911a, S. 63

zu überholen. 1)

Der Deutsche Unterausschuß der IMUK kompilierte in wenigen Jahren umfangreiches Material über die Entwicklung und den aktuellen Stand des mathematischen Unterrichts an den verschiedenen Schultypen in den deutschen Ländern. 1916 beendete er seine Arbeit, die durch den Krieg ohnehin nur noch in reduzierter Form möglich gewesen war. 2)

"Insgesamt wurden von den Ländern mehrere hundert Berichte eingereicht. So war ... ein Überblick über das mathematische Schulwesen in allen Kulturstaaten möglich, wie es keinem anderen Lehrfach zu Gebote stand." 3)

Nach Kriegsende blieb Deutschland zunächst von den Tagungen der IMUK ausgeschlossen. Die Versammlungen von 1928, 1932 und 1936, an denen auch Deutschland wieder teilnahm, verliefen ohne jeglichen Reformimpetus. Erst nach dem 2. Weltkrieg konstituierte sich die IMUK neu (1952), worauf wir nicht weiter einzugehen brauchen. 4)

-
- 1) Konnten in den frühen Phasen der kapitalistischen Entwicklung der Staat oder das Einzelkapital noch durch Spionage oder durch Abwerben hochqualifizierter Arbeitskräfte die nationale Qualifikationsstruktur verbessern, (vgl. z.B. K. Hintze 1927 oder F. Redlich 1964) so mußten im Spätkapitalismus zu diesem Zwecke angesichts der veränderten Qualifikationsstruktur (Qualifikationen sind nicht mehr sehr von individuellen Begabungen abhängig, sondern in systematisch organisierten und institutionalisierten Lernprozessen nahezu beliebig reproduzierbar geworden) ganze Bildungssysteme anderer Länder kopiert werden. Der preußische Staat und das Deutsche Reich unterstützten die Arbeiten der IMUK finanziell; vgl. die Mitteilungen der DMV im Jber. der DMV 21 (1912), S. 165.
 - 2) Die deutschen Abhandlungen umfassen die "Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland", hgg. v. F. Klein (1909 - 1916) und die "Berichte und Mitteilungen veranlaßt durch die IMUK", hgg. v. W. Lietzmann, 1. Folge 1909 - 1916, 2. Folge 1915 - 1917.
 - 3) W. Lietzmann 1949, S. 21
 - 4) Die Tradition der IMUK-Abhandlungen wurde nach dem 2. Weltkrieg durch zwei Bände über die Situation des Mathematikunterrichts in der BRD fortgesetzt: H. Behnke (Hrsg.) 1954; F. Drenckhahn (Hrsg.) 1958.

6. Soziostrukturelle Analyse der Reform

6.1. Vorbemerkung

Neben die Deskription der Reform, verstanden als die Gesamtheit der reforminitiierenden und -ausführenden Handlungen tritt nun als eigentliches Problem der wissenschaftlichen Analyse ihre Deutung, d.h. die Explikation der Zwecke und Interessen, deretwegen und mit denen sich Personen und Gruppen an der Reform beteiligt haben. Erst über die Aufdeckung der verschiedenen Motivationen und Zwecksetzungen sowie - im nächsten Kapitel abgehandelt - der spezifischen Mittelwahl, zu der die reformbeteiligten Personen über eine Interpretation der gesellschaftlichen Bedingungen ihres Handelns gelangen, erschließt sich uns das Reformwerk als eine gesellschaftliche bildungspolitische Leistung.

In diesem Kapitel sollen nun im wesentlichen die Interessen der reformengagierten Kreise durchsichtig gemacht werden. Auf ihre inhaltlichen Vorstellungen zur Reform des Mathematikunterrichts werden wir nur ganz am Rande eingehen, da diese systematisch in den Reformplänen zum Ausdruck kommen und daher im Rahmen der inhaltlich-stofflichen Analyse der Reform abgehandelt werden können. Die methodologische Voraussetzung für dieses Vorgehen, die inhaltliche Konvergenz der Vorschläge verschiedener gesellschaftlicher Gruppen oder Individuen, ist dadurch gegeben, daß - wie zu zeigen sein wird - die Zwecksetzungen, deren Realisierung die Reform dienen soll, in den meisten Punkten voll übereinstimmen, zumindest aber nur in sehr konkreten Stoffdetails kontrovers sind.

6.2. Der DAMNU als Gegenstand der soziologischen Analyse

Ab 1900 konstituierten sich nacheinander verschiedene Ausschüsse und Kommissionen, in deren Rahmen einige gesellschaftliche Gruppen ihre spezifischen Interessen am mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht geltend zu machen versuchten. Es waren das im wesentlichen die Breslauer Unterrichtskommission, der DAMNU, der DATSch und die IMUK.

Angesichts der zeitlich und räumlich umfassenden Bedeutung der Meraner Vorschläge läge es nahe, die soziologische Analyse bei deren Urhebern, der Breslauer Unterrichtskommission, beginnen zu lassen. Dem ist entgegenzuhalten, daß das ganze Spektrum gesellschaftlicher Kräfte, das an der Reform beteiligt war, viel deutlicher im DAMNU zutage tritt, in dem ohnehin die meisten Mitglieder der Breslauer Kommission wieder mitarbeiteten. Da weiter die stark auf das technische Schulwesen bezogene Aufgabenstellung des DATSch unsere Thematik nur am Rande betrifft und da außerdem die IMUK weniger reforminitiativ als -deskriptiv ausgerichtet war, bietet sich der DAMNU als geeignetes Objekt einer soziologischen Analyse an.

6.3. Die Mitgliederstruktur des DAMNU

Im DAMNU waren bis 1911 knapp zwanzig Gruppen vertreten, denen sich in der Folgezeit noch weitere Vereine anschlossen. Zu den Tagungen entsandten diese Gruppen oftmals mehr als zwanzig Vertreter ¹⁾, häufig sogar Vorstandsmitglieder. Die inhaltliche Kontinuität der jeweiligen Vereinszwecke war somit gewährleistet.

R. Schimmack nennt folgende Mitgliedergruppen (wir geben sie mit ihrem Gründungsjahr und einer vorläufigen Berufs-

1) vgl. W. Schöler 1970, S. 335

klassifikation wieder) ¹⁾:

Tab. 5

1. Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte: C. CHUN-Leipzig, A. GUTZMER-Halle und H. SCHOTTEN-Halle;

1822 ²⁾ mathematische, naturwissenschaftliche, medizinische Intelligenz

2. Deutsche Mathematik-Vereinigung: F. KLEIN-Göttingen und P. STÄCKEL-Karlsruhe; für den letzteren dann P. TREUTLEIN-Karlsruhe;

1891 mathematische Intelligenz

3. Deutsche Physikalische Gesellschaft: W. HALLWACHS-Dresden und F. POSKE-Friedenau;

1898 naturwissenschaftliche Intelligenz

4. Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik: H.T.v. BÖTTINGER-Elberfeld;

1898 mathematische, naturwissenschaftliche Intelligenz

5. Verein Deutscher Ingenieure: erst Th. PETERS-Berlin und O. TAAKS-Hannover; dann D. MEYER-Berlin und P. STÄCKEL-Karlsruhe;

1856 technische Intelligenz, Reformkapital

6. Verband Deutscher Elektrotechniker: erst W. KOHL-RAUSCH-Hannover; dann F. KURLBAUM-Charlottenburg;

1893 technische Intelligenz, Reformkapital

7. Verein Deutscher Chemiker: C. DUISBERG-Elberfeld und B. RASSOW-Leipzig;

1887 naturwissenschaftliche Intelligenz, Reformkapital

8. Deutsche Chemische Gesellschaft: erst E. BUCHNER-Berlin (jetzt Breslau); dann W. KERP-Charlottenburg;

1867 naturwissenschaftliche Intelligenz

9. Deutsche Geologische Gesellschaft: K. FRICKE-Bremen und H. RAUFF-Berlin;

1848 naturwissenschaftliche Intelligenz

1) R. Schimmack 1911a, S. 44

2) Gründungsjahre nach F.R. Pfetsch 1974, S. 310f. und G. Hortleder 1970, S. 208ff.

10. Deutsche Mineralogische Gesellschaft: R. BRAUNS-Bonn;	1908	naturwissenschaftliche Intelligenz
11. Deutsche Botanische Gesellschaft: F. HOCK-Perleberg;	1882	naturwissenschaftliche Intelligenz
12. Deutsche Zoologische Gesellschaft: R. HERTWIG-München und K. KRAEPELIN-Hamburg; ersterer hernach zurückgetreten;	1890	naturwissenschaftliche Intelligenz
13. Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts: F. PIETZKER-Nordhausen und Bastian SCHMID-Zwickau; für den ersteren jetzt: A. THAER-Hamburg;	1891	mathematische, naturwissenschaftliche, pädagogische Intelligenz
14. Anatomische Gesellschaft: K. v. BARDELEBEN-Jena;	1886	medizinische Intelligenz
15. Deutsche Physiologische Gesellschaft: M. v. FREY-Würzburg und M. VERWORN-Göttingen (jetzt Bonn); ersterer nunmehr zurückgetreten;	1904	medizinische Intelligenz
16. Kongreß für innere Medizin: erst L. v. KREHL-Heidelberg; dann Friedr. v. MÜLLER-München;	1882	medizinische Intelligenz
17. Deutscher Medizinalbeamten-Verein: A. CRAMER-Göttingen;	1883	medizinische Intelligenz
18. Gesellschaft für Kinderheilkunde: A. CZERNY-Straßburg (Elsaß);	1883	medizinische Intelligenz
19. Deutscher Verein für Psychiatrie: E. KRAEPELIN-München	1854	medizinische Intelligenz

Damit ergeben sich im wesentlichen fünf Gruppen:

1. die mathematische und naturwissenschaftliche Intelligenz, repräsentiert durch die Gruppen 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12;
2. die medizinische Intelligenz, repräsentiert durch die Gruppen 1, 14 bis 19;
3. die technische Intelligenz, repräsentiert durch Gruppe 5 und 6;
4. die pädagogische Intelligenz, die mit der mathematisch-naturwissenschaftlichen Qualifikation höherer Schüler

befaßt ist, repräsentiert durch 13 und

5. die Reformkapitale, repräsentiert durch 4, 5, 6 und 7.

Die ersten beiden Gruppen können wiederum zu analytischen Zwecken in eins gesetzt werden mit der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (im weiteren Verlauf: GDNÄ), handelt es sich doch hier durchweg um Gesellschaften und Verbände, die von der GDNÄ in der Phase ihrer Sekundärdifferenzierung abgespalten wurden oder aber in enger Verbindung mit ihr entstanden und geblieben sind.¹⁾ Auf diese Gruppen soll nun ausführlicher eingegangen werden.

6.3.1. Die mathematische, naturwissenschaftliche und medizinische Intelligenz, dargestellt am Beispiel der GDNÄ

Wie F.R. Pfetsch ausführlich dargestellt hat, war die GDNÄ die bedeutendste und einflußreichste Wissenschaftsgesellschaft in Deutschland im 19. Jahrhundert. Auch die von ihr abgetrennten oder in lockerem Zusammenhang mit ihr gegründeten zahlreichen mathematischen, naturwissenschaftlichen und medizinischen Fachgesellschaften artikulierten sich häufig in ihr und über sie²⁾. Alle namhaften Wissenschaftler haben an ihren Versammlungen teilgenommen.³⁾

Die GDNÄ war in zwei Hauptabteilungen gegliedert, eine

1) Die GDNÄ war zunächst selbst "Träger des Spezialisierungsprozesses in den Naturwissenschaften und der Medizin"; vgl. F.R. Pfetsch 1974, S. 307. Im Laufe des 19. Jahrhunderts delegierte sie ihre innovative Funktion an die sich von ihr abspaltenden und verselbständigenden Fachgesellschaften und entwickelte sich dabei "zu einer Dachgesellschaft, die sich von außen durch die Fachgesellschaften lenken ließ." (F.R. Pfetsch 1974, S. 308). Vgl. auch a.a.O., S. 274. Wir werden uns im folgenden wesentlich auf die wissenschaftspolitische und soziologische Untersuchung der GDNÄ von Pfetsch stützen.

2) a.a.O., S. 291

3) a.a.O., S. 252

medizinische und eine naturwissenschaftliche Abteilung, der auch mathematische Sektionen angehörten.

Die mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung

Die meisten mathematischen und naturwissenschaftlichen Berufsgruppen sind um die Jahrhundertwende noch relativ junge Vereinigungen. ¹⁾ Sie werden vornehmlich durch Hochschulwissenschaften repräsentiert, ²⁾ deren Interesse an einer Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts aus zwei Quellen gespeist wurde. Zum einen

-
- 1) vgl. die Gründungsdaten in Tab. 5, S. 99f.
Wichtig in unserem fachspezifischen Zusammenhang ist die Deutsche Mathematiker-Vereinigung (= DMV); vgl. zu ihrer Geschichte auch A. Gutzmer 1904. Sie wurde 1890 auf der Versammlung der GDNÄ in Bremen gegründet mit dem Zweck: "... in gemeinsamer zielbewußter Arbeit die Wissenschaft nach allen Richtungen zu fördern und auszubauen, ihre verschiedenen Teile und zerstreuten Organe in lebensvolle Verbindung und Wechselwirkung zu setzen, ihre Stellung im geistigen Leben des deutschen Volkes nach Gebühr zu ungezwungenem collegialischen Verkehr und zum Austausch von Ideen, Erfahrungen und Wünschen zu bieten." (Jber. d. DMV 1 (1890/91, S. 3ff.) Schon 1893 beschloß die DMV, "auch Fragen des mathematischen Unterrichts in den Bereich der Diskussion zu ziehen." (F.R. Pfetsch 1974, S. 304). Sie hat dann auch des öfteren mit der Abteilung für mathematischen und physikalischen Unterricht der GDNÄ zusammen getagt. Freilich blieb ihre Arbeit im wesentlichen doch bestimmt von ihrer wissenschaftsbezogenen Zwecksetzung. Zu einem intensiveren Engagement an der Reform des Mathematikunterrichts kam es erst ab 1902, als F. Klein in den Vorstand gewählt worden war (vgl. Jber. d. DMV 11 (1912), S. 20). Die DMV war durch Klein, Stäckel und (später) Treutlein im DAMNU vertreten.
 - 2) Nahezu reine Universitätsfächer sind die Astronomie, Mineralogie, Kristallographie, Botanik, Zoologie. Geologen, Physiker und Chemiker finden Arbeitsplätze auch in diversen staatlichen Institutionen, wie den zahlreichen geologischen Landesanstalten oder in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Die Chemiker, eine gegen Ende des Jahrhunderts stark expandierende Berufsgruppe, arbeiten von allen naturwissenschaftlichen Berufen am frühesten und häufigsten in der Industrie.

waren das historische Professionalisierungserfahrungen, die für einzelne Berufsklassen sehr negativ ausgefallen waren. Das betraf insbesondere die Chemiker. Die Verwissenschaftlichung der Chemie, die Herausbildung neuer chemischer Spezialgebiete - wir haben diesen Prozeß ausführlich beschrieben (vgl. S. 40ff.) - und das eng damit verbundene Wachstum der chemischen Industriebranchen standen in krassem Mißverhältnis zu dem niedrigen sozialen Prestige dieser Berufsklasse. Der Chemiker trug das Odium des wissenschaftlichen Emporkömmlings an sich. Die Hauptursache solcher sozialen Deklassierung sah der Chemiker darin, daß es noch keine geregelte Ausbildung für seinen Beruf gab und die soziale Struktur dieser Berufsklasse entsprechend inhomogen war. Erst seit der Mitte des 19. Jahrhunderts wurde überhaupt ein eigenständiger Hochschulunterricht im Fach Chemie eingerichtet ¹⁾; ein Fachexamen für technische Chemiker konnte noch bis zur Jahrhundertwende nicht an einer Universität absolviert werden ²⁾. Vor 1900 war nicht einmal das Abitur obligatorisch für ein Chemiestudium. Gerade dieser letzte Punkt erhitze die Gemüter der standespolitisch engagierten Chemiker. So forderte der Chemiker-Unternehmer Böttinger auf der Schulkonferenz von 1900:

"... gerade im Interesse der Aufrechterhaltung unseres Prestiges und der vornehmen Stellung, die wir auf diesem Gebiete (die chemische Wissenschaft und die chemische Industrie, H.I.) einnehmen, möchte ich bitten, daß Sorge getragen wird, daß nicht minderwertiges Material an die Arbeit herantritt, sondern nur solche Leute, die wirklich den Nachweis geliefert haben, daß sie im stande sind, ihre Aufgabe zu erfüllen." ³⁾

1) K. Heinig (Hrsg.) 1970, S. 164f.

2) vgl. W. Lexis (Hrsg.) 1893, Bd. 2, S. 5

3) Verhandlungen 1901, S. 36

"Minderwertig", das sind nach Böttinger diejenigen, die Chemie ohne Abitur studiert haben,

"das werden mit der Zeit Drohnen, unglückliche Menschen." 1)

Daher empfiehlt Böttinger

"im Interesse der chemischen Wissenschaft, des Standes der Chemiker und der jungen Leute selbst" 2),

das Abitur zu einer obligaten Eingangsvoraussetzung für das Chemie-Studium zu machen. 3)

Das Reforminteresse der Chemiker hatte ebenso wie das Engagement der übrigen Naturwissenschaftler und Mathematiker eine zweite Wurzel in der starken Identifikation der mathematisch-naturwissenschaftlichen Intelligenz mit dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt. Dank ihren Arbeiten, so glaubten sie, hatte sich das ökonomische Wachstum ungeheuer beschleunigen können; Bedürfnisse, allenfalls in utopischen Romanen bis dahin erfüllbar, konnten seit ihren umwälzenden wissenschaftlichen Entdeckungen und Erfindungen nun real befriedigt werden. Von den Wissenschaftlern schien es abzuhängen, ob auch

1) ebd.

2) a.a.O., S. 188

3) Der Antrag Böttingers wird mit überwältigender Mehrheit angenommen (vgl. Verhandlungen 1901, S. 198). Zur Intensivierung des unterrichtlichen Praxisbezuges schlägt Böttinger vor, für die Schüler der Oberklassen Betriebsbesichtigungen zu organisieren: "Ferner wäre es für die Schüler höherer Klassen außerordentlich förderlich, wenn ihnen Gelegenheit geboten würde, durch Exkursionen mit den Lehrern größere Bauwerke und vor allem größere industrielle Anlagen zu sehen... Ich verkenne nicht, daß bei den Besuchen größerer Fabriken eine gewisse Gefahr vorhanden ist, daher müssen Kinder aus solchen fern gehalten werden; aber jungen Leuten von 16 bis 18 Jahren ... wird man gern und freudig Einblick in die Betriebe geben." (Verhandlungen 1901, S. 155f.)

in der Zukunft der Fortschritt der Menschheit garantiert sei, von einer kontinuierlichen Produktion verwertbarer wissenschaftlicher Resultate. Daher rückten nun auch die Voraussetzungen einer stetigen Entwicklung der Produktivkraft Wissenschaft zunehmend ins Blickfeld. Zu ihnen gehörten vor allem die Produktion und Reproduktion wissenschaftlichen Arbeitsvermögens, d.h. die möglichst effektive, umfassende und breite Vermittlung des historisch akkumulierten Bestandes an wissenschaftlichen Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, sowie der hierfür notwendigen mathematisch-naturwissenschaftlichen Elementarqualifikationen. Dieses mathematische und naturwissenschaftliche Wissen wurde zunehmend umfangreicher, komplexer und differenzierter. Da aus finanziellen Gründen die Qualifikationsprozesse nicht beliebig verlängert werden sollten, mußte die Stofffülle komprimiert bzw. neu zwischen Schulen und Hochschulen verteilt werden. Lehrinhalte und -methoden waren, insbesondere wenn sie wie der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht die Tätigkeit des Wissenschaftlers unmittelbar betrafen, kritisch an den neuen Anforderungen zu messen und zu reformieren.

Die Mathematiker und Naturwissenschaftler beteiligten sich an der Reform des gymnasialen Unterrichts in ihren Fachwissenschaften intensiv. Dabei ging es den Naturwissenschaftlern zwar in erster Linie um die naturwissenschaftlichen Fächer, zumal diese im Lehrplan der höheren Schulen unterrepräsentiert waren und sowohl vom wissenschaftlichen wie auch vom pädagogischen Standpunkt aus nach längst überholten Kriterien und Normen erteilt wurden; doch da der Mathematikunterricht die mathematischen Instrumente für die Naturwissenschaften lieferte, wurde auch er von den Naturwissenschaftlern immer mitbedacht.

Die medizinische Abteilung

Seit der Mitte der siebziger Jahre nahm die Anzahl der im Gesundheitswesen Beschäftigten stark zu. Diese Entwicklung weckte bei den Vertretern der medizinischen Disziplinen Ängste vor einer "Überproduktion" an Ärzten, in denen sich auch Ängste vor erhöhter Konkurrenz, Entwertung der Arbeitskraft, Entzug materieller und sozialer Privilegien ausdrückten. ¹⁾ Solche Deklassierungs- und Dequalifizierungsängste hatten ihre Wurzeln in der historischen Entwicklung des Arztberufes. Ähnlich wie der Ingenieur hat sich auch der Ärztstand aus der Sphäre des Handwerks entwickelt. ²⁾ Insbesondere die landärztliche, chirurgische und zahnmedizinische Praxis

"bewegten sich noch häufig in einem Grenzgebiet zwischen Ausbildung und Erfahrung, auch an der Grenze des ehrsamten Handwerks." ³⁾

Der Aufstieg auf der gesellschaftlichen Leiter war für die Ärzte, die nahezu ausschließlich aus der bürgerlichen Klasse stammten, an ein steigendes Ausbildungsniveau einerseits und an die Befreiung aus der staatlichen Bevormundung andererseits geknüpft. ⁴⁾ Daher gehörte die Abgrenzung gegenüber nichtakademisch gelildeten Vertretern des ärztlichen Standes, den "Quacksalbern" und "Kurpfuschern", ebenso zur ärztlichen Standespolitik wie das Bemühen um eine hohe Qualität der eigenen Aus-

1) Graf, Vorsitzender des deutschen Ärztevereins, spricht auf der Dezemberkonferenz 1890 von dem "unheilvollen Zudrang" zum ärztlichen Stand; vgl. Verhandlungen 1891, S. 752.

2) vgl. F. v. d. Ven 1972, Bd. 3, S. 111ff.

3) a.a.O., S. 112

4) a.a.O., S. 109ff., 119f.

bildung, die das wichtigste Unterscheidungskriterium darstellte. ¹⁾

Die Schwierigkeiten, sich als voll akademischer Stand zu professionalisieren, drückten sich auch in der Bildungspolitik der Ärzteschaft aus. So beharrte sie lange Zeit auf der gymnasialen Vorbildung für den Arztberuf; sie galt ihr als eines der wichtigsten Statussymbole. Als 1879 sämtliche ärztlichen Vereinigungen Deutschlands befragt wurden, ob sie eine Erweiterung der Berechtigungen zum Medizinstudium befürworteten, erklärten sich 154 von 163 Gutachtern für die Beibehaltung des gymnasialen Monopols. ²⁾ Es sollte nur dann aufgehoben werden, wenn auch die anderen akademischen Berufsstände, insbesondere die Juristen, nicht mehr auf gymnasiale Vorbildung verpflichtet seien. (Diese Situation trat erst mit der Gleichwertigkeitserklärung von 1900 ein.)

Trotz des "Halt(es) für sein ganzes Leben" ³⁾, den der Mediziner von der klassischen gymnasialen Bildung erhielt, war diese Bildung zumindest in einem Punkte völlig unzureichend, nämlich in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. Erforderte die Standespolitik, auf dem gymnasialen Monopol zu beharren, so war aus in-

1) Dies gilt vor allem seit der Gewerbeordnung von 1869, die die "Ärzte" jeden Qualifikationsniveaus unter der Kategorie der Gewerbetreibenden in eins setzte; vgl. W. Lexis (Hrsg.) 1902, S. 85f. Die Behauptung v. d. Vens, Ausbildungsprobleme seien für die Ärzte von sekundärer Bedeutung gewesen, gemessen an ihrem Hauptinteresse, der Volksgesundheit, greift daher zu kurz.

2) vgl. W. Lexis (Hrsg.) 1902, S. 86. Noch 1890 vertrat Graf auf der Schulkonferenz die These, daß die gymnasiale Bildung für den Mediziner unersetzbar und daher unerläßlich sei; vgl. Verhandlungen 1891, S. 144f., 434ff., 751f.

3) W. Lexis (Hrsg.), S. 86

haltlich-wissenschaftlichen Gründen - wir verweisen auf die "Mathematisierung der Medizin" (S. 67) - eine Reform des gymnasialen mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts unaufschiebbar. Es wurde immer deutlicher,

"daß der Universitätsunterricht nur dann seine Ziele erreichen kann, wenn die Studierenden von der Mittelschule her eine genügende Vorbildung besitzen." 1)

Was verstand der Mediziner unter einer "genügenden Vorbildung"? Seine Hilfswissenschaften waren die Zoologie, Botanik, vergleichende Anatomie, die alle traditionsgemäß erst an der Universität gelehrt wurden; dann die Chemie und - zunehmend - die Physik, beide als mathematisierte Disziplinen. Damit aber war auch die Mathematik zum integralen Bestandteil des Arztstudiums geworden:

"Wir brauchen eine Physik, welche auf der Mathematik beruht... Mit Sicherheit dürfen wir annehmen, daß in Zukunft die Mathematik, und zwar die höhere Mathematik, für das Studium der Physik und Chemie und damit für die Anwendung in der Medizin immer unentbehrlicher werden wird." 2)

Es folgte daraus, daß der Unterricht in den entsprechenden Fächern am Gymnasium den neuen Anforderungen angepaßt werden mußte:

"Da wir nun dem humanistischen Gymnasium unmöglich die Berechtigung zum Medizinstudium nehmen können, so ergibt sich, daß eine moderne Umgestaltung des mathematischen und physikalischen Unterrichtes die mindeste Forderung ist, die wir an dieses Gymnasium zu stellen haben." 3)

1) F. v. Müller 1911, S. 228

2) F. v. Müller 1911, S. 233f.

3) a.a.O., S. 236

Die bildungspolitischen Aktivitäten der GDNÄ

Schon Ende der achtziger Jahre wurde auf der 60. Versammlung der Gesellschaft die Verbesserung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer als neuer wichtiger Vereinszweck artikuliert. Hatte sich die GDNÄ seit ihrer Gründung 1822 allenfalls peripher mit Ausbildungsproblemen abgegeben ¹⁾, so wurde sie nun, in den neunziger Jahren, zunehmend zum Vehikel für die bildungspolitischen Interessen der in ihr vereinigten mathematisch-naturwissenschaftlichen und medizinischen Fachgesellschaften. ²⁾

In der seit 1868 bestehenden, jedoch bisher bedeutungslosen "Abtheilung für mathematischen und physikalischen Unterricht" wurden nun viele Vorträge zum Stand des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts gehalten, wie aus entsprechenden Bänden der "Verhandlungen der GDNÄ" hervorgeht. Als 1896 der Antrag gestellt wurde, die Unterrichtsabteilung aufzulösen, stieß er nicht nur auf einstimmige Ablehnung ³⁾, sondern es wurde noch zusätzlich beschlossen, die Kontakte zum Förderverein zu intensivieren, um gemeinsam mit ihm die anstehenden Reformen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtspraxis voranzutreiben. Auch zu Felix Klein wurden enge Verbindungen hergestellt. ⁴⁾

So wuchs die GDNÄ allmählich zur zentralen, die Reformtragenden Institution heran. Nach 1900 wurden die Tagun-

1) vgl. F.R. Pfetsch 1974, S. 300

2) a.a.O., S. 308

3) vgl. Verhandlungen der GDNÄ 1897 (Braunschweig) (hgg. 1898), S. 233f.

4) Auf der Düsseldorfer Versammlung der Gesellschaft 1898 trägt F. Klein seine Vorstellungen über "Universität und Technische Hochschule" und "Über die Wechselbeziehung zwischen Universität und höheren Schulen auf dem Gebiet der Mathematik" vor, vgl. Verhandlungen der GDNÄ 1898 (Düsseldorf) (hgg. 1899), 1. Teil S. 25 - 35 und 2. Teil, 1. Abt. S. 19ff.

gen der Gesellschaft zu Knotenpunkten der Reformaktivitäten; hier wurden Erfahrungen mit Reformprojekten allgemein zugänglich gemacht, Kritik an den bestehenden Unterrichtsverhältnissen gesammelt und zum Ausgangspunkt für die Arbeit neu eingesetzter Reformkommissionen genommen. Neben ihren inhaltlichen und organisatorischen Beiträgen hat die GDNA auch

"die großen Mittel der Gesellschaft in den Dienst der allgemeinen Sache gestellt." 1)

So trug sie die anfallenden Kosten für die Breslauer Unterrichtskommission, die mit den Meraner Plänen einen sehr entscheidenden Beitrag zur Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts eingebracht hat. 2)

6.3.2. Die technische Intelligenz - dargestellt am VDI. 3)

Die technische Intelligenz hat sich in einem langwierigen Prozeß aus dem Handwerk herausentwickelt. Ihr beruflicher Aufstieg war mit zunehmenden Verbesserungen, später sogar

1) ZmnU 36 (1905), S. 542. Die Finanzierungsmöglichkeiten der Gesellschaft haben sich seit den neunziger Jahren erheblich verbessert, da ihr mehrere Stiftungen übertragen wurden; vgl. F.R. Pfetsch 1974, S. 288.

2) vgl. A. Gutzmer 1908, S. VI

3) Streng terminologisch sollte man zwischen Naturwissenschaften und Technikwissenschaften, und daher auch zwischen naturwissenschaftlicher und technikwissenschaftlicher Intelligenz unterscheiden. Da sich in der Literatur der Terminus wissenschaftlich-technische Intelligenz oder technische Intelligenz eingebürgert hat, verzichten wir auf eine terminologische Präzisierung. - Zur technischen Intelligenz gehören alle diejenigen Individuen, die in der "Berufsarbeit mit Erschaffung, Weiterentwicklung, Organisation und Verwaltung der technischen Hilfsmittel der Gesellschaft befaßt (... sind), und zwar auf eine Weise, die in langfristiger Ausbildung systematisch erworbenen technischen Sachverstand erfordert." (H.P. Bahrdt, zit. nach G. Hortleder 1970, S. 13/14)

der Akademisierung der Ausbildung verbunden. Solides technisches Können und eine gute Allgemeinbildung waren daher für die technische Intelligenz, die ihre Professionalisierung, belastet durch die soziale Inhomogenität ihrer Mitgliederstruktur, gegen die antitechnischen Vorurteile vieler Bürger erkämpfen mußte, ein wichtiges "Gütezeichen" ihrer Berufsklasse. Auch bestand für den Ingenieur in den Anfängen nicht selten die Möglichkeit, zum Unternehmer ¹⁾ aufzusteigen; der Unternehmer wurde sogar "die einzige Sozialgestalt, mit der ein Teil der Ingenieure jener Zeit sich identifizieren konnte". ²⁾

In den siebziger Jahren verschlechterte sich die Berufssituation der Techniker und Ingenieure erheblich. Zunächst erfaßte die Krise von 1873 und die darauf folgende ökonomische Depression gerade die technikwissenschaftlichen Berufe sehr stark, wofür die rückläufigen Studentenzahlen der Technischen Hochschulen seit der Mitte der siebziger Jahre (aufgrund der schlechten Berufsaussichten) ein Indikator sein können. ³⁾ Als dann in den neunziger Jahren ein rapides Wachstum der wissenschaftsintensiven Produktionszweige einsetzte, expandierte auch der Arbeitsmarkt für die technische Intelligenz. Der einzelne Techniker oder Ingenieur mußte nun die eigene Austauschbarkeit erfahren und hinnehmen, daß seine Arbeitskraft materiell und sozial entwertet wurde. Mit der technologischen "Aufwärtsentwicklung" änderte sich auch die inhaltliche Arbeit der technischen Intelligenz: Durch die arbeitsteilige Abtrennung von wissenschaftlichen und unternehmensleitenden Funktionen

1) Kuczynski verwendet den Begriff des "Unternehmer-Ingenieurs"; vgl. J. Kuczynski 1948, S. 89.

2) G. Hortleder 1970, S. 37

3) Sie sanken von 2973 (1875/76) auf 1321 (1882/82) und kletterten dann langsam wieder in die Höhe; zu Beginn der neunziger Jahre hatten sie jedoch ihren vormaligen Höchststand noch nicht erreicht; vgl. H. Titze 1973, S. 255; vgl. S. 72, Anm. 2.

wurde ihr Tätigkeitsbereich spürbar eingeschränkt. Zudem gestaltete sich der soziale Aufstieg zum Unternehmer immer schwieriger, da mit der anhebenden Massenproduktion und mit steigenden Betriebsgrößen ein neuer Unternehmertyp vorherrschend wurde, der Direktor oder Generaldirektor, der über andere Kompetenzen verfügen mußte, als sie der Technikwissenschaftler mitbrachte. ¹⁾

Die nunmehr angestellten Ingenieure und Techniker reagierten auf diese Signale objektiver "Proletarisierungstendenzen" ²⁾ mit starken Dequalifikations- und Deklassierungsängsten. Sie verschleierten sich die wahren Ursachen ihrer veränderten gesellschaftlichen Lage, indem sie sich die Rolle einer dritten Schicht innerhalb der alten Gesellschaftsordnung zuschrieben, einer

"neue(n) Mittelschicht, die vor allem negativ bestimmt wird: nämlich zwar lohnabhängig, aber nicht proletarisch zu sein." ³⁾

Von der Gesellschaft selbst hatten sie ein technizistisches Verständnis: Sie wird interpretiert als ein am Prinzip maximaler Effizienz orientiertes soziales System, in dem es keine spezifischen politisch-sozialen Probleme, sondern nur noch technische gibt. Daher fällt in diesem System der gesellschaftliche Fortschritt mit dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt zusammen.

Konsequent leitete die technische Intelligenz daraus einen gesellschaftlichen Führungsanspruch ab, war sie doch

1) "Nicht die Erfindungen, die Verbesserungen, die Neuerungen des Ingenieurs entschieden über Gedeih und Verderb eines Unternehmens, sondern die nüchterne, auf dem Rentabilitätsprinzip beruhende Kalkulation." (G. Hortleder 1970, S. 37)

2) vgl. G. Güntheroth (Hrsg.) 1972, S. 20ff.

3) a.a.O., S. 21

als Träger der technischen Entwicklung auch der Träger des allgemeinen sozialen Fortschritts. In ihrem Bemühen um "die Gesundheit und das Wohlbehagen der Menschen" ¹⁾ förderte sie das Gemeinwohl, vergleichbar dem Staat, der ihr als der eigentliche Repräsentant und Promotor des "Wohle(s) der schaffenden Nation" ²⁾ galt.

Identifizierten sich der Techniker oder Ingenieur daher prinzipiell mit der bestehenden Wirtschaftsordnung und den Aufgaben des bürgerlich-kapitalistischen Staates ³⁾, der ihrem Ideal von technizistischem System schon recht nahe kam, so kritisierten sie umso mehr die konkreten Handlungsweisen, speziell die materielle, politische und soziale Unterprivilegierung der "Bevölkerungsgruppe der Zukunft, die die alten Klassengegensätze überwindet". ⁴⁾ Nicht nur werde der technischen Intelligenz die Führungsrolle in der Politik und in vielen Verwaltungsbereichen verweigert, die technologische Ignoranz der Repräsentanten des Staates und seiner Verwaltungsbeamten, der Juristen ⁵⁾, verhindere auch schon die elementaren Formen gemeinsamer Beratung und Mitbestimmung.

1) vgl. das Dankschreiben des VDI für die Gleichwertigkeitserklärung von 1900 an den Kaiser, ausgedruckt in der Zs. des VDI 45 (1901), S. 284f.

2) A. Riedler 1895, S. 26

3) vgl. G. Hortleder 1970, S. 72ff.

4) G. Güntheroth (Hrsg.) 1972, S. 25. Diese "technokratische Selbstinterpretation" wird durch die veröffentlichte Meinung partiell bestätigt. So beschreibt ein Mitglied der Reichspartei die technischen und kommerziellen Angestellten als "Mittel- und Bindeglied zwischen verschiedenen Gesellschaftsklassen, den Arbeitern und Arbeitgebern" (ebd.). Ein Leser fordert in der Zs. d. VDI 40 (1896), S. 1067 "eine höhere Einflußnahme des Technikers auf die Leitung eines modernen Staatswesens ... schon der sogenannten sozialen Frage wegen" und begründet dies mit dem unmittelbaren Kontakt der technischen Intelligenz mit der Arbeiterklasse.

5) vgl. G. Hortleder 1970, S. 76ff.

Mit einem neuen schul- und hochschulpolitischen Engagement in den neunziger Jahren - der VDI durchbrach zum ersten Male seinen "Hang zur Neutralisierung" gegenüber standespolitischer und gesellschaftspolitischer Interessenvertretung auch praktisch ¹⁾ - reagierte die technische Intelligenz auf die veränderte Situation. Sie versuchte, der ökonomischen Dequalifikation und sozialen Deklassierung durch eine Verbesserung ihrer beruflichen Ausbildung entgegenzuwirken. Daß gerade dieses Mittel als das geeignete erschien, erklärte sich aus der besonderen Bedeutung, die die Berufsbildung für Techniker und Ingenieure hatte:

"Die Berufsqualifikation bedeutet für Ingenieure deshalb so viel, weil sie mitentscheidend ist für die Anerkennung im Beruf, die aus zwei Gründen für Ingenieure zentral ist: einmal identifizieren sie sich wie kaum ein anderer Beruf mit ihrer ... Arbeit, zum anderen kann berufliche Anerkennung einen Ersatz für die vermeintlich fehlende soziale Wertschätzung bilden." ²⁾

Der zweite hier genannte Grund fällt stark ins Gewicht, weil gerade im Falle der "wissenschaftlich-technischen Intelligenz" die Professionalisierung historisch mit höherer, ja sogar verwissenschaftlichter Ausbildung einhergegangen war und eine solche Ausbildung erfahrungsgemäß ein höheres Sozialprestige sicherte.

Weiter wollten Techniker und Ingenieure durch eine produktionskonforme, anwendungsbezogene "praktische" Ausbildung ihrer Rolle als Repräsentanten des gesellschaftlichen Fortschritts, durch Erweiterung der allgemeinen Bildung ihrer Rolle als "'Führer' dieses technizistischen Systems" ³⁾ gerecht werden. ⁴⁾ Um schließlich auch die Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Berufsgruppen zu verbessern und

1) G. Hortleder 1970, S. 48

2) a.a.O., S. 164/165

3) a.a.O., S. 99

4) vgl. G. Hortleder 1970, S. 172

der Unterbewertung des "technischen Schaffens" ein Ende zu machen, plädierten viele Technologen für eine verbesserte mathematische, natur- und technikwissenschaftliche Ausbildung insbesondere der Juristen und Verwaltungsbeamten. ¹⁾

Der Repräsentant der technischen Intelligenz, der VDI, unternahm im einzelnen folgende Schritte: ²⁾

1886 wurde ein "Ausschuß zur Prüfung der Schulfrage" eingesetzt, der - gestützt auf eine Umfrageaktion im gleichen Jahr - die Angleichung der Allgemeinbildung von Ingenieuren an die der übrigen akademischen Berufe, möglichst späte berufsspezifische Differenzierung in den höheren Schulen, praxisnahe Ausbildung und schließlich die Gleichberechtigung aller Arten von höheren Schulen forderte. ³⁾ 1891 bekräftigte die Hauptversammlung des VDI in Düsseldorf diese Forderungen. Sie kritisierte auch den Beschluß der Schulkonferenz von 1890, das Realgymnasium abzuschaffen, betonte die Relevanz neusprachlicher und mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung "für das Gedeihen der Nation" ⁴⁾ und beriet die Vorschläge des soeben gegründeten Fördervereins. Wie 1886 wurden die Bera-

-
- 1) Der VDI hatte vorgeschlagen, einen Teil der höheren Verwaltungsbeamten an den Technischen Hochschulen auszubilden und einen neuen Beamtentyp, den "Verwaltungsingenieur" in die Staatsverwaltung aufzunehmen; vgl. Zs. d. VDI 50 (1906), S. 140f. und 1745ff.
 - 2) "Die Beteiligung des VDI an der Schulreformbewegung" ist im gleichlautenden Bericht vom damaligen Direktor des VDI Peters in der Zs. d. VDI 46 (1902), S. 1293ff. und in der "Beratung von Hochschul- und Unterrichtsfragen" (veranstaltet von VDI am 9. Okt. 1906 in Berlin) abgedruckt in der Zs. d. VDI 50 (1906), S. 72 - 80 dargestellt worden. Demnach fiel die erste Phase bildungspolitischer Vereinsaktivitäten bereits in die Zeit von 1865 bis 1867; auch damals ging es um die Reorganisation der Ingenieur-Ausbildung.
 - 3) vgl. Zs. d. VDI 46 (1902), S. 1294
 - 4) Zs. d. VDI 35 (1891), S. 1198ff. bzw. Zs. d. VDI 46 (1902), S. 1295

tungsergebnisse in einer Eingabe an das preußische Kultusministerium weitergeleitet.

Sechs Jahre später hob der VDI in einer Denkschrift an die Schulverwaltungen der größeren deutschen Staaten die Bedeutung der Oberrealschule als moderner Bildungsinstitution hervor; 1900 forderte er zusammen mit anderen Verbänden und Institutionen die Gleichberechtigung aller höheren Schularten, die dann einen Monat später auch offiziell zugestanden wurde (vgl. S. 78). ¹⁾

Soweit das allgemeine schulpolitische Engagement des VDI. Bemerkenswert scheint uns, daß, trotz der permanenten Klage über die privatkapitalistische Interessenborniertheit des Staates ²⁾ und über das Unverständnis der staatlichen Behörden gegenüber den "Belangen der Technik", der Staat dem VDI immer als der Adressat seiner Vorschläge galt. Auch hier bestätigt sich "das gebrochene Verhältnis des Ingenieurs (und allgemein: der technischen Intelligenz, H.I) zum Staat", das Hortleder als ein charakteristisches Moment "technizistischen Geistes" herausgearbeitet hat. ³⁾

-
- 1) vgl. G. Hortleder 1970, S. 77f. Die Gleichstellung der höheren Schulen geht freilich nicht nur auf das Engagement des VDI zurück, wie Hortleders Darstellung vermuten läßt. - 1901 richtete der VDI ein Dankschreiben für den November-Erlaß an den Kaiser; vgl. Zs. d. VDI 45 (1901), S. 284f.
 - 2) Konkret wurde den verantwortlichen staatlichen Stellen vorgeworfen, sie benutzten ihre Funktion als Veranstalter von Ausbildung dazu, ihren Bedarf an speziellen Qualifikationen für den Bergbau und den Eisenbahnbau und -betrieb durch geschicktes Abfassen der Prüfungsordnungen zu decken. Das aber stünde im Widerspruch zu anderen Interessen, z.B. denen des Maschinenbaus. A. Riedler griff insbesondere die Ausrichtung des Technik-Studiums an den Bedürfnissen des Staatsbaudienstes an: "Das von der Staatsbauverwaltung für ihre besonderen Interessen Vorgeschiedene taugt nicht für andere Interessen, für die Industrie, usw., schafft aber die Täuschung, daß die Staatsbauprüfung für jede technische Tätigkeit befähige, ja, daß die abgelegte Prüfung zum 'Regieren' der Arbeit anderer, zum Herrschen über Produktive nicht nur befähige, sondern berechtige!" (Zs. d. VDI 40 (1896), S. 338)
 - 3) G. Hortleder 1970, S. 72

Der VDI arbeitete nach der Jahrhundertwende in allen reformtragenden Institutionen mit, in der Breslauer Unterrichtskommission ebenso wie im DAMNU und im DATSch. Seine inhaltlichen Vorstellungen zur Reform des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts sind also auch in die Reformpläne eingegangen und brauchen hier nicht gesondert untersucht zu werden. ¹⁾

6.3.3. Die mathematisch-naturwissenschaftliche pädagogische Intelligenz, dargestellt am Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (= "Förderverein")

Auch das Reformengagement der mathematisch und naturwissenschaftlich gebildeten Lehrer wird nur verständlich, wenn wir kurz auf die historische Genese dieses Lehrerstandes eingehen. ²⁾

Der Konflikt zwischen der Rolle als Wissenschaftler und der des Pädagogen, der den Professionalisierungsprozeß der pädagogischen Intelligenz ³⁾ im allgemeinen begleitete, äußerte sich verschärft für die Untergruppe der Mathematiker und Naturwissenschaftler. An den Universitäten mußten sich die Lehramtskandidaten den dort herrschenden Normen unterordnen und über wissenschaftliche Leistungen

1) vgl. z.B. A. Riedler 1895; die kontroversen Ansichten zur Funktion der Mathematik innerhalb der Ingenieur-Erziehung (Grundlage oder Hilfswissenschaft?) sind dargestellt in der Zs. d. VDI 41 (1897), S. 113, 982, 1368f., 1452 und in den zahlreichen Beiträgen von Götting, Holzmüller und Fricke im Jber. d. DMV 11 (1902).

2) Eine Sozialgeschichte dieser Berufskategorie ist noch nicht geschrieben. Wir werden uns daher auf die Andeutung einiger für unserer Gesamtzusammenhang wichtiger Aspekte beschränken.

3) Darunter sollen die akademisch gebildeten Lehrer verstanden werden.

legitimieren. ¹⁾ Von den Hochschulprofessoren waren sie oft nur aus finanziellen Erwägungen heraus geduldet. ²⁾ An der Schule dagegen wurde dem mathematisch-naturwissenschaftlich gebildeten Lehrer Fachborniertheit und Mangel an pädagogischen Fähigkeiten vorgeworfen. Selbst Geistliche und Altphilologen schienen den Schulbehörden oft eher geeignet, den Mathematikunterricht an den höheren Schulen zu erteilen, weil sie Griechisch, die Sprache Euklids, beherrschten, vor allem aber, weil sie die "eigentlichen" Pädagogen waren. Hieß es also an der Schule "Mathematicus non est collega", so an der Hochschule "Wir

1) "Schon während des Studiums erhält der junge Student den Eindruck, daß es das höhere Ziel des akademischen Studiums sei, als Gelehrter, als Doktor, als angehender Privatdozent und akademisches Kirchenlicht aus dem Kampf der Wagen und Gesänge hervorzugehen, der in den Seminaren, Kolloquien, Instituten, Arbeitsgemeinschaften, usw. ausgefochten wird. Dadurch kommt bei vielen, und nicht einmal den schlechtesten, die sich von vornherein dem Lehrerkampf widmen, bald das Gefühl auf, sie müßten sich mit einem zweiten Platz begnügen. Hierin liegt eine Wurzel eines ungesunden inneren Zwiespaltes zwischen Lehrer und gelehrtem Forscher in einer Seele, von dem mir ein geschätzter und befreundeter Schulmathematiker gesagt hat, es sei der dramatische Konflikt in der Tragödie des wissenschaftlich strebenden Lehrers." (Lorey zitiert zustimmend diesen Ausschnitt aus einem Vortrag, vgl. W. Lorey 1938, S. 151). - Drastisch zeigte sich dieser Sachverhalt an der Universität Berlin, wo es seit den siebziger Jahren zum ersten Mal in Deutschland eine größere Anzahl an Mathematikstudenten gab. Lehrerstudenten blieben jedoch allenfalls zwei Semester, da hier ab 1880 keine Vorlesungen zum Schulstoff mehr angeboten wurden. 1887 trat die Mehrzahl der Professoren aus dem wissenschaftlichen Prüfungsamt aus, eine Reaktion auf die kulturministeriell verfügte Ordnung für das wissenschaftliche Prüfungsamt, in der die Universität auf ihre Pflicht zur Lehrerausbildung festgelegt werden sollte. (Dies betraf neben der Mathematik auch die Altphilologie und die Neuen Sprachen.) Der Weigerung, Gymnasiallehrer auszubilden, korrespondierte der Anspruch, die in der Wissenschaft führende deutsche Universität zu sein.

2) vgl. H. Behnke 1972, S. 149f.

sind nicht dazu da, um zukünftige Gymnasiallehrer zu unterrichten." ¹⁾

Diese Situation versuchten die Lehrer der mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächer durch eine doppelte Anpassungsleistung zu verändern. Sie traten einerseits nachdrücklich für die Wissenschaftlichkeit ihrer Ausbildung ein und unterstützten lebhaft die schrittweise Erhöhung der Prüfungsanforderungen für das höhere Lehramt im 19. Jahrhundert. ²⁾ Konsequenterweise denunzierten sie auch Versuche, über nicht-akademische Wege eine Lehrbefähigung für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer an höheren Schulen zu erreichen. ³⁾ Andererseits dokumentierten sie ein starkes Interesse an den pädagogisch-praktischen Dimensionen ihres Berufes, indem sie beispielsweise auch selbst für weitgehende methodisch-didaktische Reformen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrbetriebes eintraten. Nun verschärfte sich die Lage dieser Lehrergruppe in den siebziger und achtziger Jahren zunehmend. Da die universitäre Ausbildung am immanenten Gang der Wissenschaft orientiert war und diese sich stark spezialisiert und differenziert hatte, blieb innerhalb der fachwissenschaftlichen Ausbildung der Lehrer immer weniger Raum für Bezüge zur späteren Schulpraxis der Lehramtskandidaten; die "Kluft" zwischen Hochschulmathematik und Schulmathematik vergrößerte sich. Da auf der anderen Seite immer deutlicher wurde, daß der Unterricht an den neuen

1) Dieser Ausspruch stammt zwar von einem Altphilologen (U. v. Wilamowitz-Möllendorf), gibt aber die Auffassung zahlreicher Hochschulmathematiker wieder; vgl. H. Behnke 1972, S. 149.

2) Neue Prüfungsordnungen wurden 1831, 1866 und 1886 erlassen; vgl. F. Klein 1902, S. 256f.

3) Der Förderverein sah beispielsweise in den "strebsamen" Volksschullehrern, die sich autodidaktisch auf die Mittelschulprüfung vorbereiteten, aber auch in den "Nicht-akademikern", die häufig in städtischen höheren Schulen den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht bis zur Mittelstufe erteilten, eine Gefahr "vom mathematisch-naturwissenschaftlichen Standpunkt aus"; vgl. W. Lorey 1938, S. 62.

pädagogischen und psychologischen Gesichtspunkten und Normen orientiert werden mußte - auf die Gründe werden wir später noch ausführlich eingehen -, erschien der Wunsch nach einer Synthese von wissenschaftlicher und pädagogischer Qualifikation noch weniger realisierbar.

Hinzu kam die sog. Überfüllung der gelehrten Berufe, von der die Mathematiker und Naturwissenschaftler besonders betroffen waren. Die nach der preußischen Schul- und Hochschulreform (1809 - 1819) auf ein Minimum abgesunkene Zahl von Mathematikstudenten ¹⁾ stieg in den 70er Jahren wieder an. Immer mehr Abiturienten wollten Mathematik und Naturwissenschaften studieren, immer mehr Studenten meldeten sich zum Examen pro facultate docendi. (Tab. 6, S.121). Der krisenbedingten Stellenknappheit stand bald ein Überangebot an anstellungsfähigen Kandidaten gegenüber. Der Unterrichtsminister v. Goßler nannte vor dem Abgeordnetenhaus gewaltige Zahlen: 941 Mathematiker und Naturwissenschaftler haben 1888 die erhoffte Stellung im Schuldienst nicht gefunden. ²⁾ Blieben sie nicht überhaupt arbeitslos, so mußten sie sich damit abfinden, unter

-
- 1) So gab es an der Universität Freiburg, die die Reformen später durchführte, nach 1837 "auf Jahrzehnte nur 1 - 5 Hörer" (H. Behnke 1972, S. 147).
 - 2) zit. nach H. Titze 1973, S. 258. Diese Zahlen sind sicherlich übertrieben. Sie haben subjektiv wie objektiv bildungslenkende Funktionen, bilden sich doch auf der Basis solcher Zahlen öffentliche Meinungen zum Phänomen des Akademikerproletariats und - in unserem Zusammenhang wichtiger - veränderte Berufswünsche; vgl. Krumme 1890, S. 144ff. Prompt setzt dann auch Ende der achtziger Jahre der Umschwung ein. An der Universität Göttingen sinkt die Zahl der Mathematikstudenten von etwa 170 im Jahr 1886 auf 80 im Jahr 1892. Die Zahl der Lehramtskandidaten an den zehn preußischen Universitäten sinkt nach Lorey auf 20 (1892); vgl. H. Behnke 1972, S. 151. Erst ab der Mitte der neunziger Jahre steigt die Zahl der Studenten und - zeitlich entsprechend versetzt - die Zahl der Examinierten für das höhere Lehramt rapide an (Tab. 6, S. 121).

Tab. 6

Übersicht über die Zahl der bestandenen Prüfungen
pro facultate docendi (erste bzw. Wiederholungsprüfungen) nach den Hauptfächern. 1)

Jahr	Mathematisch-naturwissenschaftliches Fach	Gesamtzahl der bestandenen Prüfungen	Gymnasialabiturienten mit Studienwunsch "Mathematik und Naturwissenschaften" 2)
1868	74	343	99
1875	65	399	129
1.4.1880/81	148	465	270
1.4.1885/86	155	596	159
1.4.1890/91	45	269	70
1.4.1895/96	19	160	118
1.4.1900/01	38	212	261

1) nach W. Lexis (Hrsg.) 1902, S. 420

2) a.a.O., S. 417

ihrer Qualifikation als Hilfslehrer oder aber nur für einen bestimmten Zeitraum als Aushilfslehrer beschäftigt zu werden. Die Arbeitskraft vieler mathematisch-naturwissenschaftlich ausgebildeter Lehrer wurde entwertet. Auf diese Situation reagierten die Lehrer mit der Gründung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, der ersten organisierten Interessenvertretung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrerstandes.¹⁾ Knüpfte die Vereinsgründung (1891) unmittelbar an ein Ereignis an, das das in den vorausgegangenen Dequalifikationserfahrungen erschütterte Selbstbewußtsein dieser Berufsgruppe deutlich spiegelte²⁾, so klang in der Formulierung der Vereinszwecke schon eine neue Selbsteinschätzung durch. Die Mitglieder des "Fördervereins" wollten

- 1) Erste Ansätze zur professionellen Vereinigung sehen wir in der 1864 gegründeten mathematisch-pädagogischen Abteilung des Vereins deutscher Philologen und Schulmänner; vgl. H. Schmitt 1966, S. 128, und in der schon genannten Unterrichtsabteilung der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte. Diese Gruppen blieben jedoch ohne weitergehende Außen- oder Breitenwirkung. Die Geschichte des Fördervereins hat W. Lorey aufgeschrieben; vgl. W. Lorey 1938.
- 2) Im Eröffnungsheft der 1884 neu begründeten "Blätter für höheres Schulwesen" hatte der Herausgeber Fr. Aly vorgeschlagen, einem Mathematiker keine Klassen- oder Schulleitung zu übertragen, da er Fachlehrer, aber nicht Erzieher sei. Hierauf reagierte J.C. v. Hoffmann in der von ihm herausgegebenen ZmnU mit einem "Aufruf zu einem Kongreß der Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften an Höheren Schulen Deutschlands". Zentrales Thema sollte sein "zu welcher Stellung bzw. Würde innerhalb des Lehrkörpers ... nach der Geltung ihres Faches und dem Ansehen die genannte Lehrergattung berechtigt" sei (W. Lorey, a.a.O. 1938, S. 9). Auf dem Kongreß, der 1890 in Leipzig stattfand, wurde dann die Gründung einer Vereinigung von Lehrern für Mathematik und Naturwissenschaften beschlossen, die im folgenden Jahr stattfand.

"den Unterricht in der Mathematik, im geometrischen Zeichnen, in den Naturwissenschaften und in der Erdkunde nach Ziel, Umfang und Methode ... fördern und diesen Fächern im Lehrplan der höheren Schulen die gebührende Stellung ... verschaffen." ¹⁾

Als Mittel, diese Forderungen zu realisieren, schlugen sie vor:

- a) Die Vervollkommnung der Lehrmittel und ihre Verwendung im Unterricht
- b) Die Vorbildung der Lehrer
- c) Die Verwertung der Fortschritte der Wissenschaften und Technik für den Unterricht". ²⁾

Den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern sollte "die gebührende Stellung" verschafft werden. Worin diese bestand, brauchte nicht weiter expliziert zu werden, stellte doch der wirtschaftliche Aufschwung in den neunziger Jahren auch zunehmend einen öffentlichen Konsens über die Bedeutung der Mathematik und der Naturwissenschaften für die Entfaltung der gesellschaftlichen Produktivkräfte her. Hierauf konnte sich der Lehrer beziehen und - im Bewußtsein seines Beitrages zum wissenschaftlich-technischen Fortschritt - offensiv für seine berufsspezifischen Interessen eintreten. Ähnlich wie bei der technischen Intelligenz war das Berufs- und Standesinteresse der mathematisch-naturwissenschaftlichen pädagogischen Intelligenz primär am Fortschritt von Wissenschaft und Technik orientiert; die Verbesserung ihrer materiellen und sozialen Lage konnte sie hinten stellen, da solche Interessen bereits durch die allgemeinen philologischen Standesvereinigungen vertreten wurden. ³⁾

Die pädagogische Umsetzung der genannten Ziele wurde vom Förderverein sofort in Angriff genommen. Die noch 1891 abgefaßten, in der Literatur der Folgezeit vielfach erwähnten "Braunschweiger Beschlüsse" formulierten bereits

1) W. Lorey 1938, S. 14

2) ebd.

3) vgl. H. Schmitt 1966, S. 164

in unmißverständlichen Wendungen die Richtung, die die Reform zu nehmen hatte:

"Die Schüler der höheren Lehranstalten sind im allgemeinen noch zu wenig imstande, das mathematische in den sich ihnen im Leben darbietenden Erscheinungen zu erkennen, und zwar ist die Ursache davon vorzugsweise in dem Umstande zu suchen, daß die Anwendungen der mathematischen Theorien vielfach in künstlich gemachten Beispielen bestehen, anstatt sich auf die Verhältnisse zu beziehen, welche sich in der Wirklichkeit darbieten. Daher muss das System der Schulmathematik, unbeschadet seiner vollen Selbständigkeit als Unterrichtsgegenstand, im einzelnen mit Rücksicht auf die sich naturgemäss darbietende Verwendung (Physik, Chemie, Astronomie etc., kaufmännisches Rechnen) aufgebaut werden. Die demgemäss heranzuziehenden Beispiele sollen die Schüler daran gewöhnen, in dem sinnlich Wahrnehmbaren nicht nur Qualitatives, sondern auch Quantitatives zu beobachten, in einem solchen Grade, dass ihnen eine solche Betrachtungsweise dauernd zum unwillkürlichen Bedürfnis wird." ¹⁾

Auf den jährlichen Pflingsttagungen wurden Probleme der wissenschaftlichen und pädagogischen Lehrerausbildung und der Unterrichtsreform erörtert. Die Identifikation des Vereins mit dem wissenschaftlichen und technologischen Fortschritt kam nicht nur darin zum Ausdruck, daß auch die aktuelle Frage der Ingenieurerausbildung einbezogen wurde ²⁾, sondern zeigte sich auch am starken Interesse für die damals aufblühende Unterrichtstechnologie. Es kam zu intensiven Kontakten zwischen dem Förderverein und den Lehr- und Lernmittelindustrien. ³⁾ Auf den Tagun-

1) zit. nach F. Klein 1902, S. 261

2) Förderverein und VDI tauschten Delegierte aus; auch zwischen der GDNA und dem Förderverein kam es zu regelmäßigen Kontakten.

3) Lorey erwähnt, daß die "Geschichte des Fördervereins" aufgrund der Spenden der Lehr- und Lernmittelfirmen verlegt werden konnte. Er führt zahlreiche Unternehmen an, "die, seit Jahrzehnten mit dem Verein verbunden, durch ihre Erzeugnisse den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert haben und nun auch noch nach Auflösung des Vereins (1938, H.I) gern durch einen Zuschuß ihr Interesse bekunden." (W. Lorey 1938, S. 3)

gen wurden häufig die neuesten technisch-wissenschaftlichen Leistungen präsentiert und damit auch die Bereitschaft der Lehrer erneuert, sich mit den wissenschaftlich-technischen Erfolgen zu identifizieren.¹⁾ Daher erstaunt es nicht, daß sich zahlreiche Lehrer die Vereinsforderung nach engem Praxisbezug zu eigen machten und die seit 1898 zugelassene Lehrbefähigung für die angewandte Mathematik erwarben.²⁾

Trotz der verstärkten Akzentuierung der Realitätsbezüge galt die Wissenschaftlichkeit des Mathematik- und naturwissenschaftlichen Unterrichts wie auch der Ausbildung mathematisch-naturwissenschaftlicher Lehrer weiterhin als unverzichtbare Randbedingung für alle Reformmaßnahmen. Der Förderverein war dementsprechend zeit seines Bestehens um intensive Außenbeziehungen zu den Vertretern der Fachwissenschaften an den Universitäten und Hochschulen bemüht. Vereinstagungen fanden regelmäßig in Universitätsstädten statt, wobei man häufig Hochschulprofessoren über die neuesten Resultate der wissenschaftlichen Forschung referieren ließ.³⁾ An den Auseinandersetzungen um die Reform des höheren Mädchenschulwesens beteiligte sich der Förderverein auch vorrangig als Sachwalter einer wissenschaftlichen Mädchenbildung.

-
- 1) Sehr häufig wurden auf den Tagungen des Fördervereins Industrieanlagen (z.B. auf der Tagung 1899 in Hannover) oder Ausstellungen (z.B. die Düsseldorfer "Industrie- und Gewerbeausstellung" von 1902) besichtigt.
 - 2) Die Zahl der Kandidaten bzw. Oberlehrer, die die Lehrbefähigung für die angewandte Mathematik erworben hatten, stieg von 0 im Jahr 1900 (A. Schoenflies 1903, S. 220, Anm. 2) auf 318 im Jahr 1913 (P. Zühlke 1914, S. 479).
 - 3) Die Zusammenarbeit mit F. Klein begann 1894 in Wiesbaden, als Klein über den ersten Göttinger Ferienkurs für Mathematiker und Naturwissenschaftler an Höheren Schulen referierte. Auf der Tagung von 1895 - Klein trug erneut vor - war auch der berühmte Mathematiker D. Hilbert anwesend.

Die vorbehaltlose Identifikation der Mitglieder des Fördervereins mit dem wissenschaftlichen und technologischen Fortschritt, den sie dem gesamtgesellschaftlichen Fortschritt gleichsetzten, mag eine Ursache gewesen sein für die gesellschaftspolitische Abstinenz und Systemloyalität des Vereins. Sozialpolitische Probleme wurden nicht angesprochen. Materielle Standesinteressen, die zu Konflikten mit den staatlichen Behörden hätten führen können, waren von vorneherein ausgeklammert.¹⁾ Die Reform des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts und der Lehrerausbildung wurden mit dem Bewußtsein und in der Absicht vorangetrieben, dem Staat bei der Durchsetzung des von ihm verantworteten Allgemeininteresses nützlich zu sein.²⁾ Der Staat war denn auch - wie bei allen Philologen-Verbänden - "der erste Adressat"³⁾ für Reforminitia-

1) vgl. W. Lorey 1938, S. 16

2) W. Lorey 1938 zitiert aus einer seiner Reden: "Schon haben einige Staatsregierungen Mittel für die Arbeit des IMUK bewilligt; daß Deutschland hier an der Spitze steht, ist besonders erfreulich. Darin zeigt sich deutlich, daß diese freien Vereinigungen von Gelehrten der Hochschulen und der höheren Schulen und der Männer der Praxis nicht gegen die Unterrichtsverwaltungen, sondern ... freudig und offen mit der Staatsverwaltung an dem großen Erziehungsproblem unserer Zeit arbeiten." (S. 149)

"Die guten Beziehungen, die der ... Förderverein zum Preußischen Ministerium hatte", (W. Lorey 1938, S. 25) wurden zu Beginn jeder Tagung durch die Grußadresse eines Vertreters des Staates bestätigt. Auch die inhaltlichen Beiträge auf den Tagungen bringen mitunter die Interessenkonformität deutlich zum Ausdruck, z.B. das Referat von W. Bockelmann 1897: "Wie ist im erdkundlichen und naturwissenschaftlichen Unterricht ein lebhaftes Interesse der Jugend für die Beziehungen Deutschlands zum Ausland und für das Deutschtum daselbst zu erwecken?"

3) H. Schmitt 1966, S. 176

tiven. Ihm galt der Dank, wenn die Vereinsvorschläge realisiert worden waren. ¹⁾

Das überpolitische, am abstrakt begriffenen "Gemeinwohl" orientierte Selbstverständnis des Vereins kann einerseits als eine Ursache seiner Lebensfähigkeit gewertet werden ²⁾, andererseits aber auch als Basis für die relativ reibungslose Inanspruchnahme des Vereins für nationalsozialistische Zwecksetzungen. ³⁾

6.3.4. Die Reformindustrie als Unterrichtsreformer

Wie ausgeführt wurde, machte die industrielle Entwicklung unter kapitalistischen Weltmarktbedingungen die systematische Verwertung natur- und technikkwissenschaftlicher Forschungsergebnisse und den verstärkten Einsatz wissenschaftlich-technologisch qualifizierter Arbeitskräfte in wichtigen wachstumsintensiven Zweigen der deutschen Industrie erforderlich.

Für das einzelne Kapital bedeutete dies einen sich ständig erneuernden Bedarf an produktiv umsetzbarem Wissen und an adäquat ausgebildetem Arbeitsvermögen. Soweit hier Forschungen oder Qualifizierungsprozesse notwendig wurden, die unmittelbar auf die je besonderen Zwecke und Produktionsbedingungen des Einzelkapitals bezogen werden

-
- 1) Als das Ministerium Holle in den oberen drei Klassen der höheren Schulen die 1882 aus politischen Gründen gestrichene Biologie wieder einführte, sandte der Verein auf Initiative von Felix Klein ein Dankschreiben an das Unterrichtsministerium; (vgl. W. Lorey 1938, S. 59).
 - 2) Der Verein besteht heute noch. Die Vereinstätigkeit ruhte seit 1891 nur im Zeitraum von 1937 bis 1948.
 - 3) vgl. den Bericht über die letzte Tagung des Vereins vor seiner Eingliederung in das Reichssachgebiet Mathematik und Naturwissenschaften im NS-Lehrerbund, den W. Lorey 1938, S. 118ff. gibt.

konnten, wurden sie auch in die Regie dieses Kapitals genommen. Die wissenschaftliche Grundlagenforschung und die allgemeine bzw. berufsspezifische Qualifikation der wissenschaftlich-technischen Arbeitskräfte dagegen gehörten in den Aufgabenbereich des Staates.¹⁾ Freilich versuchte das Einzelkapital auch auf die Herstellung der allgemeinen Produktions- und Reproduktionsvoraussetzungen durch den Staat Einfluß zu nehmen, handelte es sich doch hier auch um die Rahmenbedingungen jeder einzelnen Produktionsbranche, die es optimal zu gestalten galt. Zu verstärkten bildungs- und wissenschaftspolitischen Aktivitäten der Unternehmer kam es historisch immer dann, wenn der Produktionsprozeß inhaltliche Probleme aufwarf, die aus Konkurrenzgründen gelöst werden mußten, dazu aber wissenschaftlicher Theorien bedürften, oder aber wenn die Inkongruenzen zwischen der Produktionsmittelstruktur und der Qualifikationsstruktur der Arbeitskraft die permanente Reproduktion des Kapitals auf immer höherer Stufenleiter ernsthaft in Frage stellten.

Eine solche Situation lag im ausgehenden 19. Jahrhundert vor. Besonders in der Anfangsphase der Verwissenschaftlichung von Produktion und Reproduktion war der Ausbildungssektor noch nicht auf diese neue, sich eigendynamisch

1) Wir können hier nicht näher auf das Verhältnis des Staates bzw. des Einzelkapitals zur Forschung, Entwicklung und Qualifizierung eingehen. Zur systematischen Analyse vgl. E. Stölting 1974, S. 75ff; 89ff; zur historischen Entwicklung staatlicher Wissenschaftspolitik vgl. F.R. Pfetsch 1974; E. Stölting 1974, S. 119ff., J. Hirsch 1970. Den speziellen Zusammenhang zwischen Staat, Kapital und Qualifikation der Arbeitskraft untersucht die "politische Ökonomie des Ausbildungssektor" in seinen systematischen und historischen Dimensionen; vgl. etwa F. Nyssen 1969; M. Baethge 1970; E. Altvater und E. Huiskens (Hrsg.) 1971; F. Huiskens 1972; M. Masuch 1972.

beschleunigende Entwicklung eingestellt. Da der Staat wissenschafts- ¹⁾ und bildungspolitisch relativ zurückhaltend blieb, ging das Kapital selbst dazu über, die jeweils branchenspezifischen wissenschaftlichen und technologischen Qualifikationen festzustellen und auf deren Reproduktion in den allgemeinbildenden oder berufsspezifischen Institutionen zu dringen. So engagierten sich die Kapitalvertreter nicht nur für eine quantitative Ausweitung des höheren Fachschulwesens und der Technischen Hochschulen ²⁾, sondern versuchten auch, die Neukonzeption der Lehrpläne für die höheren Schulen und die Hochschulen zugunsten der eigenen Zwecke und Interessen zu kontrollieren und mitzubestimmen.

Natürlich gelten diese Aussagen nur für diejenigen Kapitalfraktionen, die von der Verwissenschaftlichungstendenz erfaßt worden waren, also für die Reformindustrien. Da die "alten" Industrien in der Hauptsache ungelernte und gelernte Arbeiter benötigten, galt ihr Interesse allenfalls der Ausbildung einer möglichst großen Zahl einfachster Arbeitsvermögen, also der Verallgemeinerung des elementaren Schulunterrichts. ³⁾

Nun finden wir innerhalb des DAMNU das Reformkapital nicht als eigene Interessengruppe vertreten. Vielmehr repräsentierten einige Vereine mehr oder weniger deutlich und zumeist auch aus anderen, wissenschaftsspezifischen oder standespolitischen Motivationen heraus objektiv die Belange der wissenschaftsintensiven Kapitale. Die Reform des Mathematik- und naturwissenschaftlichen Unterrichts an den

1) vgl. F.R. Pfetsch 1974, S. 356f.

2) vgl. M. Baethge 1970, S. 41ff; D. Otten 1973, S. 82f.

3) vgl. D. Otten 1973, S. 80ff. Leider bleibt die hier zugrunde gelegte statistische Basis zu schmal und kann daher nicht als ausreichender Beleg für die These gewertet werden.

höheren Schulen und Universitäten war ein adäquates Mittel für die Realisierung der Profitwünsche des Kapitals ebenso wie für die Befriedigung professioneller Interessen wissenschaftlicher und technologischer Berufsstände; sie konnte daher auch von beiden Gruppen gemeinsam vorgebracht werden.

So stellte der Verein deutscher Chemiker nicht nur die Berufsvereinigung akademisch ausgebildeter Chemiker dar (diese waren ohnehin überwiegend in der Deutschen Chemischen Gesellschaft vertreten), sondern auch die chemische Industrie. Er war im DAMNU durch den Chemiker und Unternehmer C. Duisberg (neben B. Rassow) repräsentiert. Duisberg, "the greatest industrialist the world has yet had" ¹⁾, hatte in der Firma Bayer die Farbenproduktion verwissenschaftlicht, indem er den Forschungsprozeß zunächst "industrialisiert" und dann wissenschaftlich hochqualifizierten und sich permanent weiterbildenden Chemikern übertragen hatte. ²⁾ Er war selbst langjähriger Vorsitzender des Aufsichtsrates des I.G. Farben-Konzerns, in dem sich auf seine maßgebliche Initiative hin die führenden Farbenfabriken in Deutschland zusammengeschlossen hatten. ³⁾ Obgleich für ihn als Chemiker-Wissenschaftler durchaus auch standes- und wissenschaftspolitische Momente eine Rolle gespielt haben mögen, bewog ihn doch vor allem sein unternehmerisches Interesse an der Konkurrenzfähigkeit der deutschen chemischen Industrie, spezieller der Farbenindustrie, auf dem Weltmarkt und an einer extraprofitablen Produktion zu seinem Reformengagement. So ging auch aus seinen Argumentationen deutlich das ex-

1) zit. aus einem Nachruf auf Duisberg nach H.-J. Flechtner 1959, S. 9.

2) vgl. C. Duisberg 1933, S. 68 - 73; vgl. auch A. Leisewitz 1972, S. 463, Anm. 68

3) vgl. C. Duisberg 1933, S. 88ff.

portorientierte Interesse der "neuen" Industrie hervor:

"...allein das hohe wissenschaftliche Niveau ihrer (Deutschlands, H.I.) Chemiker (hat) die Stellung der deutschen Industrie geschaffen ... und ... nur eine ständige Verbesserung und Vertiefung der wissenschaftlichen Grundlagen dieser Industrie (wird) ermöglichen, ... diese Stellung zu behalten." 1)

Auch über die Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik flossen großindustrielle Interessen in den DAMNU, kann sie doch

"als der erste Versuch gewertet werden, industrielle Geldgeber, Universitäts- und Staatsverwaltungs sowie Naturwissenschaftler an Universitäten zusammenzubringen." 2)

Nach F. Klein gehörten der Göttinger Vereinigung als Vertreter der Industrie neben Böttinger, der sie im DAMNU repräsentierte, auch Linde ³⁾, Krauss, Kuhn, Rieppel (Nürnberger Maschinenbau-Aktiengesellschaft), Schmitz (Krupp), Wacker (Nürnberger Electricitäts-Aktiengesellschaft) und Bödiker (Siemens & Halske) an ⁴⁾, also vornehmlich die elektrotechnische und die Maschinenbauindustrie.

Auch der VDI machte sich im DAMNU zum Fürsprecher reformkapitalistischer Vorstellungen und Interessen. Gerade für die Zeit der Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts läßt sich, wie Hortleder gezeigt

1) H.-J. Flechtner 1959, S. 246f.

2) F.R. Pfetsch 1974, S. 141

3) vgl. S. 135, Anm. 3

4) F. Klein 1900, S. 245f. Zu Böttinger vgl. S. 103f. Böttinger hat auch auf der Junikonferenz 1900 schon seine Reformvorstellungen eingebracht.

hat ¹⁾, ein intensiver Kontakt zwischen VDI und neuen wissenschaftsintensiven Industriebranchen, vor allem der elektrotechnischen Industrie, belegen. Hinzu kam, daß speziell der Vorstand, der wiederum die Delegierten für den DAMNU stellte, zu mehr als zwei Dritteln von Unternehmern oder Direktoren besetzt war. ²⁾

Ähnliches gilt für den Verband Deutscher Elektrotechniker. Da "führende Elektrotechniker die Exponenten finanzstarker Konzerne" ³⁾ waren, die sich von der Anpassung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Ausbildung an die neue Arbeitsplatzstruktur einen Produktivitätsvorsprung vor den internationalen Konkurrenten versprachen, repräsentierte dieser Verband innerhalb des DAMNU nicht nur berufspolitisch motivierte oder am "Gemeinwohl" orientierte Interessen der technischen Intelligenz, sondern auch die Zwecke des elektrotechnischen Reformkapitals.

6.4. Meraner Reform - "Kleinsche" Reform?

Die Reformen des Mathematikunterrichts um die Jahrhundertwende werden von den Historikern häufig als Kleinsche Reformen bezeichnet. Eine solche Personalisierung der Reformgeschichte liegt ganz auf der Linie des Individual-Dogmatismus und -Heroismus ⁴⁾, der tendenziell dem deutschen

1) vgl. G. Hortleder 1970, S. 51ff. Hortleder behauptet und belegt für die Zeit von 1880 bis 1900 engere Zusammenhänge zwischen dem VDI und der Wirtschaft "als je zuvor" (S. 59) und erwähnt eine erneute Verflechtung aufgrund der neuen Impulse, die W. v. Oechelhäuser als Vorsitzender in den Jahren 1902/03 gab. Damit ist also für die Zeit nach 1903 auch eine starke Repräsentanz wirtschaftlicher Interessen innerhalb der Vereinsäußerungen zu erwarten.

2) a.a.O., S. 58

3) a.a.O., S. 57

4) H.-U. Wehler 1973, S. 86ff.

Historismus eignet. Gleichwohl hat die Benennung der Reform als Kleinsche Reform einen berechtigten Kern: Felix Klein (1849 - 1925) stand seit den 90er Jahren in vorderster Reformfront. Er gab den vielfältigen Motivbündeln der verschiedenen reformaktiven Gruppen verallgemeinerte und einheitliche bildungs- und wissenschaftspolitische Zielrichtungen; er systematisierte, koordinierte und formulierte sie. Er setzte die Reformintentionen mit dem ihm eigenen Geschick in Reformhandlungen um.

Wir wollen im folgenden versuchen, Felix Klein als den wichtigsten "subjektiven Faktor" der Reformgeschichte zu begreifen, ohne ihn zum autonomen, einsam-genialen Akteur und Urheber der Ereignisse hochzustilisieren. Dies kann nur gelingen, wenn die gesellschaftliche Bedingtheit und Zielrichtung seiner Handlungen deutlich aufgedeckt und in Beziehung gesetzt werden zu seinen individuell ausgeprägten Verhaltensdispositionen; wenn die Konvergenz seiner eigenen Ziele und Vorstellungen mit denen der anderen reformbeteiligten Gruppen auf dem Hintergrund der gemeinsamen gesellschaftlichen Situierung verständlich gemacht werden.

Hierzu wollen wir eine Art "Sozialcharakter" ¹⁾ von F. Klein entwerfen, d.h. wir wollen seine Handlungen deuten mithilfe von Zwecksetzungen, die aus der historisch vorfindlichen Situation hervorgegangen und nicht einfach in einer unhistorischen, individuell fixierten "Persönlichkeitsstruktur" F. Kleins festzumachen sind. Natürlich gehen dabei die Wahl der Mittel wie die spezifische Ausprägung der Zwecksetzungen und Interessen zum Teil zurück auf Eigenheiten, die die unverwechselbare Identität der Person F. Kleins konturieren und die subjektiven Anteile am Kleinschen Reformverhalten darstellen.

1) a.a.O., S. 100

6.4.1. Sozialbiographische Notizen zu F. Klein ¹⁾

Felix Klein wurde 1849 in Düsseldorf als Sohn eines Regierungsbeamten geboren, in jenem Regierungsbezirk, der "das stärkste großkapitalistische Gepräge" ²⁾ in Preußen hatte. Der rasche industrielle Aufstieg der Rheinprovinz prägte seine Vorstellungen. Technische und mathematisch-naturwissenschaftliche Interessen erfüllten ihn gleichermaßen, ohne daß ihm schon bewußt wurde, "daß zwischen diesen Dingen ein Widerspruch bestehen könnte" ³⁾. Sie sind ihm gleichwertig und gleich wichtig für den gesamtgesellschaftlichen Fortschritt.

Nach dem Besuch des Gymnasiums in Düsseldorf, dessen Sozialstruktur Kleins Neigungen entgegengekommen sein mag ⁴⁾, studierte er Mathematik. In der Studienzeit interessierte er sich weiterhin für technische Bildungseinrichtungen: in Berlin für die Gewerbeakademie, in Paris für die Ecole Polytechnique und in Zürich für das Eidgenössische Polytechnikum.

1871 habilitierte er sich in Göttingen und erhielt ein Jahr darauf einen Ruf nach Erlangen. In seiner Antrittsrede attackierte er die Zweiteilung der Bildung in eine

1) Wir folgen in dieser Darstellung weitgehend den Forschungen von K. H. Manegold 1968 und 1970.

2) vgl. S. 32, Anm. 1

3) F. Klein 1896, S. 306

4) Im Zeitraum von 1875 bis 1899 stammte in der Rheinprovinz ein verhältnismäßig hoher Prozentsatz von Gymnasial-Abiturienten aus Industriellen-Familien (5,44 % gegenüber 3,74 % bezogen auf ganz Preußen und 1,37 % in Ostpreußen; vgl. W. Ruppel 1904, S. 25). Zu Kleins Schülerzeit mögen die Verhältnisse etwas, aber sicherlich nicht wesentlich, anders gewesen sein.

wissenschaftlich-theoretische und eine technologisch-praktische Richtung als "das Symptom eines tiefen kulturellen Mißstandes" ¹⁾ und propagierte polytechnische Bildung. ²⁾

Von 1875 bis 1880 lehrte Klein dann an der TH München. In dieser Zeit knüpfte er vielfältige persönliche Kontakte zu Vertretern der technischen Fächer, zu Technikern und Unternehmern ³⁾. Das fand auch seinen Niederschlag in Kleins Lehr- und Forschungstätigkeit, die an "technischen Erfordernissen" ausgerichtet war. So behandelte er auf der Grundlage seines eigenen Studiums der geometrischen Verhältnisse der Maschinen die Darstellende Geometrie, graphische Statik und Maschinenkinematik

-
- 1) Antrittsrede, zit. n. K. H. Mangegold 1968, S. 184
 - 2) Er empfiehlt den Studenten, einen Teil ihres Studiums an einer Technischen Hochschule zu absolvieren, "für einen Universitätsprofessor zu dieser Zeit zweifellos ein ungewöhnlicher Rat", wie Manegold 1968, S. 185 kommentiert.
 - 3) z.B. zu C. v. Linde, der bis 1879 an der polytechnischen Schule in München lehrte, wo er das erste Maschinenlaboratorium einrichtete; hier wurde die Kältetechnik, die v. Linde als eine der wesentlichsten Voraussetzungen für eine Verbesserung der "Eismaschinen" erkannt hatte, theoretisch und experimentell entwickelt. Linde nutzte dann später die Forschungsergebnisse als Privatkapitalist: 1879 schied er aus der Hochschule und übernahm den Vorsitz der Gesellschaft für "Lindes Eismaschinen AG" in Wiesbaden, die bald in den Besitz des Monopols für die Gewinnung von Sauerstoff, Stickstoff und Edelgasen gelangte; vgl. A. Kauffeldt (Hrsg.) 1963, S. 104ff. - Kleins Kontakte zu Althoff beginnen zu dieser Zeit. - Klein unterhielt auch eine Verbindung zu dem Chemiker A. v. Baeyer, der den Lehrstuhl von Liebig in München innehatte und in seinem chemischen Laboratorium "die erste Schule für die aufstrebende chemische Industrie" (K. A. v. Müller) besaß. v. Baeyer, der 1892 mit Klein wegen seiner Berufung nach München verhandeln sollte, feierte Klein als "den ersten Mathematiker der Jetztzeit" (zit. n. K. H. Manegold 1968, S. 178).

in seinem Unterricht an der Hochschule.

1880 wurde er dann zum Ordinarius für Geometrie an die Universität Leipzig berufen. Wie schon in Erlangen beklagte er auch in seiner Leipziger Antrittsrede die mangelnde Integration von wissenschaftlicher Theoriebildung und technologischer Praxis, die er selbst in seiner eigenen Lehrtätigkeit konsequent zu realisieren suchte.

Als er 1886 einem Ruf nach Göttingen folgte, tat er das in der Hoffnung, in Preußen einen nachhaltigeren Rückhalt für die Verwirklichung seiner Ideen und den institutionellen Rahmen für ihre Verallgemeinerung zu finden.¹⁾

Von Göttingen aus entfaltete Klein einen zähen Kampf um wissenschaftspolitische und -organisatorische Neuerungen. In einer Denkschrift aus dem Jahre 1888 an das preußische Kultusministerium forderte er, die Universitäten und Technischen Hochschulen zu vereinigen, um die Universitäten an den "realen Interessen der fortschreitenden Kultur"²⁾ zu orientieren und um das Sozialprestige der Ingenieure, bei denen er eine "plebejische Sinnesweise"³⁾ überhandnehmen sah, zu ver-

1) Klein nahm an, daß eine Tätigkeit in Preußen "für unsere allgemeinen Zustände vielleicht doch noch eine durchgreifendere Bedeutung haben möchte als die an einer noch so hervorragenden außerpreußischen Universität" (K. H. Manegold 1968, S. 188). Hoffnungen auf Erfolg durfte Klein sich auch wegen seiner intensiven Beziehungen zum preußischen Unterrichtsministerium (Althoff) machen.

2) zit. n. K. H. Manegold 1968, S. 191

3) ebd.

bessern ¹⁾. In dem Gutachten zur Reorganisation der Göttinger Akademie der Wissenschaften, zu dem ihm Althoff den Auftrag erteilt hatte, unterbreitete Klein den Vorschlag, die mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse der Gesellschaft um angewandte Fächer, vor allem Ingenieurwissenschaften, zu erweitern. Weiter sollte die Göttinger Akademie nach Kleins Vorstellungen mit anderen wissenschaftlichen Institutionen, z.B. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt sowie mit Vertretern der Technik kooperieren ²⁾. Als diese Projekte allesamt scheiterten, setzte er seine Reformhoffnungen auf den Plan, die Technik durch die Einrichtung eines "physikalisch-technischen Instituts" zu einer Universitätsdisziplin zu machen ³⁾. Mit diesem Vorschlag geriet Klein schließlich zwischen alle Stühle.

Die amerikanischen Wissenschafts- und Hochschulverhältnisse, die er 1893 als Regierungskommissar anlässlich der Chicagoer Weltausstellung gründlich studieren konnte, hinterließen einen nachhaltigen Eindruck bei Klein ⁴⁾. Daß es in Amerika möglich war, die staatliche Beeinflussung der Wissenschaftsinstitutionen zu minimieren und eine weitgehende Autonomie durch private Organisation und Finan-

1) Manegold nennt Kleins Denkschrift den bedeutendsten Beitrag zum Verhältnis von Naturwissenschaften und Technik, Universität und technischer Hochschule im 19. Jahrhundert (ebd., S. 192).

2) Trotz des erregten Protestes der Mitglieder der Göttinger Akademie erhielt Klein 1893 im Zusammenhang der Berufsverhandlungen die entsprechenden Zusagen vom Ministerium, deren Realisierung dann aber doch am Widerstand der Akademie scheiterte.

3) Diesen Vorschlag macht er 1893 im "Neuen Göttinger Programm", dabei die Physikalisch-Technische Reichsanstalt vor Augen.

4) vgl. K. H. Manegold 1968, S. 198ff.

zierung zu gewährleisten, erschien ihm "als glänzende Lichtseite eines demokratisch erzogenen Kapitalismus" ¹⁾, die er - ungeachtet der unterschiedlichen historischen Genesen und faktischen Verhältnisse der Wissenschaftsorganisation in beiden Ländern - in Deutschland nachzuahmen empfahl ²⁾.

Seit dem Ende der 90er Jahre verlagerte sich dann Kleins bildungspolitische Aktivität immer mehr auf den Bereich der höheren Schulbildung, besonders auf den Mathematikunterricht an den höheren Schulen. Ehe wir hierauf genauer eingehen, sollen einige Aspekte der allgemeinen gesellschaftlichen Verhältnisse den bisher beschriebenen wissenschafts- und allgemein bildungspolitischen Ideen Kleins und seinen Handlungen zugeordnet werden, wodurch Zweck-Mittel-Beziehungen für die Deutung seines späteren Handelns strukturiert werden.

Wir hatten die Produktivkraftentwicklung im Deutschen Reich u.a. durch das Moment der Vergesellschaftung der Wissenschaften charakterisiert. In diesem Kontext haben wir festgestellt, daß wissenschaftliche und technolo-

1) K. H. Manegold 1968, S. 198

2) "Es reizt mich, die Sache auch einmal anders zu versuchen ... es muß doch alles in unserem Vaterlande von oben regiert werden und eine freie Unterstützung der Wissenschaft aus den unabhängigen Kreisen, die es zunächst angeht, wäre auch unter allgemeinen Gesichtspunkten ein großer Fortschritt." (Brief vom 10. März 1894, zit. n. K. H. Manegold 1968, S. 198). Immerhin gelang Klein hier ein Teilerfolg mit der Zusammenführung der "vornehmsten" deutschen Industriellen und mathematisch-naturwissenschaftlichen Dozenten in der 1898 von ihm begründeten "Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik", die z.B. durch H. Th. v. Böttinger, den Direktor und Mitinhaber von Bayer-Leverkusen, und C. v. Linde unterstützt wurde; vgl. Die Naturwissenschaften 7 (1919), S. 308f.

gische Tätigkeiten einen zunehmend größeren Umfang annehmen und sich gegeneinander verselbständigten, daß die technologische und partiell auch die wissenschaftliche Intelligenz objektive und subjektive Dequalifizierungen durchmachten. Die sich fortlaufend differenzierende und spezialisierende mathematisch-naturwissenschaftliche Forschungspraxis trat in einen scharfen, organisatorisch und institutionell verankerten Gegensatz zum Betrieb der Technikwissenschaften.

Klein war gesellschaftspolitisch bewußt und realistisch genug, um diese Tendenzen nicht einfach zu ignorieren oder sich illusionär über sie hinwegzusetzen. Vielmehr nahm er als ein gesellschaftlich denkendes und handelndes Individuum die in ihnen enthaltene Herausforderung klar an: er knüpfte an diese Tendenzen mit seinen reformerischen Vorhaben an, er kritisierte sie und bemühte sich um Alternativen, die ihm seine Interpretation der gesellschaftlichen Entwicklungslinien nahezulegen schien. Er versuchte, der praktischen Umsetzung seiner Vorschläge durch eigeninitiatives Handeln Nachdruck zu verschaffen. So war er in der Zusammenarbeit mit verschiedenen Gruppen und Verbänden darum bemüht, für deren bornierte Einzelinteressen einen mit dem "Gemeinwohl" verträglichen gemeinsamen Nenner zu finden, um durch einen kollektiven Zusammenschluß Realisierungschancen zu erhöhen. Zudem betätigte er sich als politische Person: für die Realisierung seiner Reforminteressen benutzte er seine privaten Beziehungen zu einflußreichen Persönlichkeiten und Institutionen (z.B. zum preußischen Unterrichtsministerium) oder übernahm selbst öffentliche Funktionen (er vertrat seit 1908 die Universität Göttingen im preußischen Herrenhaus).

Als einen obersten Zweck nannte Klein selbst "das allge-

meine Kulturinteresse" ¹⁾, in dem er alle divergierenden "humanistisch" oder "realistisch" orientierten Interessen übergreifend zusammengefaßt sah. Das Auseinandertreten von theoretischer und praktischer Bildung, von reinen und angewandten Wissenschaften, die institutionelle Aufgliederung des Hochschulwesens in wissenschaftliche und technische Hochschulen bedauerte er dagegen als Widerspruch zwischen "Geist und Industrie", "Humanismus und Technik" ²⁾ "Wissenschaft und Leben" ³⁾, auch wenn er die objektiven Ursachen dafür in der veränderten Struktur und Organisation der gesellschaftlichen Produktion nicht ganz verkannte.

Klein wollte diese Antagonismen auflösen und bezog sich dazu auf die Bildungstheorie und die Bildungseinrichtungen einerseits, auf den Wissenschafts- und Forschungsbereich andererseits.

In bezug auf die Bildungstheorie ist Klein der Ansicht, daß die allgemein herrschenden, insbesondere von den Propagandisten der gymnasialen Bildung beschworenen neuhumanistischen Bildungsvorstellungen revidiert werden müßten. Eine Bildungskonzeption, die nicht auch den Bezug zu den "realen Interessen der fortschreitenden Kultur" ⁴⁾ herzustellen vermöchte, also die heranwachsende Generation nicht so qualifiziert, wie es für eine kontinuierliche Steigerung des wissenschaftlichen und techno-

1) "Aber das Wichtigste ist mir das allgemeine Kulturinteresse", schreibt Klein am 27. Mai 1888 an Althoff; vgl. K. H. Manegold 1970, S. 93.

2) K. H. Manegold 1970, S. 199

3) K. H. Manegold 1970 führt noch weitere antithetische Begriffspaare auf, deren "höchst unglückliche Formulierungen" er zwar kritisch vermerkt, ohne allerdings die bildungssprachlich verschleierte realen Antinomien dahinter zu sehen.

4) Denkschrift von 1888, vgl. S. 136

logischen Produktivkraftniveaus unumgänglich ist, setzt nach Klein auch die Schulen dem Widerspruch von "Wissenschaft und Leben" aus. Zwar sei der Verstandesschulung nach wie vor eine große Beachtung zu schenken, doch müsse dabei "... von Beginn an der Blick auf die Außenwelt mit gerichtet werden" ¹⁾. Der Mathematikunterricht müsse auch immer einen zweiten Hauptzweck verfolgen, nämlich

"die Überzeugung entstehen zu lassen, daß r i c h -
t i g e s N a c h d e n k e n a u f g r u n d
r i c h t i g e r P r ä m i s s e n d i e
A u s s e n w e l t b e h e r r s c h e n " ²⁾

lasse. Die Schulung des Geistes an der "reinen" Mathematik reiche nicht mehr hin, die Welt technisch beherrschen zu lernen. Schon der Schüler müsse in die Lage versetzt werden, praktische Aufgaben "mit wissenschaftlichen Geist zu erfüllen" ³⁾, was über das Einbeziehen von konkreten Anwendungsaufgaben und neuen, produktions- und berufsrelevanten Inhalten in die mathematische Lehre (z.B. der Differential- und Integralrechnung) erfolgen könne. Diese Überlegungen Kleins waren in seiner Forderung aufgehoben, an den gesellschaftlichen, in Kleins Terminologie: an den kulturellen Bedürfnissen orientiert die Bildungsziele und Inhalte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Ausbildung an den höheren Schulen zu reformieren und damit die aktuell wirksamen humanistischen Strömungen zu einer "Gesamtbildung" zu synthetisieren.

Im Wissenschafts- und Forschungsbetrieb wirkt sich - Klein zufolge - die Dichotomie von Theorie und Praxis auf die Inhalte, auf die Organisation und die Institutionen

1) Verhandlungen 1891, S. 153

2) ebd.

3) zitiert n. K. H. Manegold 1970, S. 101

der Wissenschaften aus. Unter dem Einfluß des neuhumanistischen Begriffs von zweckfreier Wissenschaft habe man die analysierenden Naturwissenschaften als "widerliches Geschäft"¹⁾ denunzieren können und seien die Naturwissenschaftler und Mathematiker an den Universitäten im Verlauf des 19. Jahrhunderts von praxisnahen Anwendungen ihrer Forschungen immer mehr abgerückt. Die daraus entspringende Aufgabe, die Resultate der reinen Forschung mit den technologischen Anwendungen zu vermitteln, würde mittlerweile von den Technischen Hochschulen oder von den industriellen privaten Forschungslaboratorien²⁾, die an Zahl und Bedeutung stark zunähmen, besorgt. Im Schonraum der "Zweckfreiheit" habe sich die universitäre Wissenschaft üppig und naturwüchsig differenziert und zu einer "spezialfachliche(n) Hochkultur"³⁾ von ungeahntem Ausmaß ausgeweitet⁴⁾. Überblick, Kooperation und praktische Anwendung seien weitgehend verunmöglicht.

Zu den negativen gesellschaftlichen Konsequenzen dieser Fehlentwicklung rechnete Klein die "Zurückhaltung" der industriellen Einzelunternehmer gegenüber einer Beteiligung an der Projektierung und Finanzierung von universitären Forschungseinrichtungen und die Diskriminierung der technischen Intelligenz.

Da Klein der Wissenschaftsentwicklung ursächlich die Schuld an dem die Gesamtgesellschaft erfassenden Antagonismus von Kultur und Technik zuschob, versuchte er, die-

1) F. Klein, zitiert n. K. H. Manegold 1968, S. 180

2) vgl. Naturwissenschaften 1919, S. 307

3) F. Klein, zitiert nach K. H. Manegold 1968, S. 180

4) Speziell für die Mathematik beschreibt Klein diese Entwicklung; vgl. F. Klein 1926, 1. Bd. S. 3ff.

ser gesellschaftlichen Fehlentwicklung durch die Reform des Wissenschaftsbetriebs zu begegnen ¹⁾. Nach Klein sollte die Wissenschaft nicht länger auf die theoretische Erklärung von Naturtatsachen beschränkt bleiben, sondern - ihrer eigentlichen gesellschaftlichen Bestimmung entsprechend - auf das Ziel der aktiven, technischen Beherrschung von Naturvorgängen hin ausgerichtet werden ²⁾. Dies beinhaltete für Klein, die Trennung von Natur- und Technikwissenschaften rückgängig zu machen, wissenschaftliche und technische Intelligenz gleichzustellen ³⁾ und - als Gegenteil zur fachimmanenten spezialistischen Entwicklung - die auseinanderstrebenden Forschungszweige durch "zusammenfassende Betrachtungen" ⁴⁾ und die Einheit ihrer Methoden zu systematisieren und zu koordinieren.

-
- 1) Nur am Rande, da nicht unmittelbar unsere Thematik betreffend, sei angemerkt, daß Klein in seiner Analyse der Wissenschaftsentwicklung zu kurz greift. Klein sah z.B. nicht, daß die Weigerung des Einzelkapitals, bestimmte, ihrem besonderen Interesse nicht dienende Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen zu finanzieren, auf dem kapitalismusspezifischen Zwang zur Kapitalakkumulation und Profitmaximierung beruht, also letztlich systemimmanent in der kapitalistischen Organisation der Produktionsverhältnisse verankert ist. Er vernachlässigte, daß die Dequalifikationsprozesse aus der spezifischen Arbeitsteilung mit ihren Folgen für die qualitative und quantitative Seite des Werts der Arbeitskraft resultieren. Bei seinen Vorschlägen bezog sich Klein zwar auf gesellschaftlich vermittelte Bedürfnisse, die sozioökonomische Bedingtheit der von ihm kritisierten Tatsachen klammerte er dagegen aus.
 - 2) vgl. Klein 1923, S. 199
 - 3) vgl. Kleins Engagement innerhalb der Ingenieurbewegung, die er als "Kulturbewegung" deutete; ausführlich hierzu K. H. Manegold 1970, S. 149ff.
 - 4) Der entscheidende eigene Beitrag Kleins, diese Forderungen in die Tat umzusetzen, ist sein berühmtes "Erlanger Programm"; vgl. F. Klein 1893.

Bei der Realisierung seiner Vorschläge kamen Klein subjektive Verhaltensdispositionen zugute. Klein schrieb sich selbst eine "innere Disposition für Technik, Pädagogik und Organisation" ¹⁾ zu. Auch zahlreiche Biographen betonten sein Koordinations- und Organisationstalent, das sich in seiner wissenschaftlichen Tätigkeit als die Fähigkeit äußerte, Wissenschaft zu "organisieren", d.h. nach übergreifenden Ordnungsprinzipien zu strukturieren ²⁾. "Ich strebe nach Überblicken und allgemeinen Ideen", so charakterisierte Klein sich selbst. ³⁾

Auf seine weiteren wissenschaftspolitischen und -organisatorischen Aktivitäten, die er in den Folgejahren trotz seiner intensiven Beteiligung an der Schulreform nicht stornierte, werden wir nun nicht weiter eingehen. ⁴⁾ Das Gesamtverzeichnis seiner Publikationen in der Festschrift zu seinem 70. Geburtstag legte in imposanter Weise Zeugnis von diesen Aktivitäten Kleins ab ⁵⁾.

1) zit. nach K. H. Manegold 1970, S. 94

2) vgl. Die Naturwissenschaften 1919, S. 276

3) Klein an Schwarz, zit. nach K. H. Manegold 1970, S. 99

4) 1906 wurden die von der Göttinger Vereinigung getragenen Institutsneubauten (Klein war 2. Vorsitzender), die im "Dienste der Zusammenführung von Geist und Industrie" stehen sollten, eingeweiht (vgl. K. H. Manegold 1970, S. 221ff.). Pläne zur Einrichtung eines ballistischen Instituts in Göttingen, einer Mechanikerschule waren im Gespräch. Auf Kleins intensives Betreiben entstand schließlich 1915 - 17 das Kaiser-Wilhelm-Institut für Aerodynamik in Göttingen. Auch die Gründung der staatlichen Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1910 ist nicht zuletzt auf Kleinsche Initiativen zurückzuführen; vgl. K. H. Manegold 1970, S. 242.

5) vgl. Die Naturwissenschaften 1919, S. 311 - 317; vgl. auch F. Klein 1921 - 23, Bd. 3 1923, Anhang S. 15 - 35

Mit dem in den vorangegangenen Überlegungen vorgestellten und strukturierten Zwecksystem, das Kleins Aktivitäten orientierend und sinngebend zugrundelag, wollen wir jetzt auch seine Teilnahme an der Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts deuten. Schwerpunkt-mäßig erstreckte sich Kleins Beteiligung an den Reformbemühungen auf das erste Jahrzehnt nach 1900; sie endete mit der Herausgabe des umfangreichen Sammelwerkes der IMUK über den Stand des Mathematikunterrichts in Deutschland. 1916 kehrte dann Klein wieder zur wissenschaftlichen Forschungsarbeit zurück ¹⁾.

6.4.2. F. Klein, Promotor der Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts

Schon in seiner Erlanger Antrittsrede von 1872 hatte Klein Fragen von Organisation und Inhalt des Mathematikunterrichts an höheren Schulen zur Sprache gebracht, allerdings mit dem noch relativ abstrakt formulierten Fazit: "... mehr Interesse für die Mathematik, mehr Leben in ihrem Unterricht, mehr Geist in ihrer Behandlung". ²⁾ Erste Ansätze zur Zusammenarbeit mit Mathematiklehrern boten sich Klein 1892 im Rahmen der von ihm organisier-

1) vgl. Die Naturwissenschaften 1919, S. 300ff.

2) zitiert nach W. Lorey 1916, S. 165. Die Erlanger Antrittsrede ist nicht veröffentlicht worden. Ein Teil ist bei Lorey 1916, S. 165f. abgedruckt. Die Rede enthält im wesentlichen Beiträge zur Wissenschaftsdidaktik und -methodik. Zu ihrer Interpretation vgl. K. H. Manegold 1970, S. 92f.

ten Ferien- und Fortbildungskurse in Göttingen ¹⁾. Das Interesse an der Ausbildung der Kandidaten für das höhere Lehramt legte die Richtung der Kleinschen Beiträge zur Reformbewegung für die folgenden Jahre fest. Dieses wiederum war vermittelt über sein Interesse an der Angewandten Mathematik als Hochschuldisziplin ²⁾. Nach dem Scheitern ursprünglicher Pläne (vgl. S. 137) sah Klein im Neuen Göttinger Programm ³⁾ vor, den Hiatus zwi-

1) Vgl. W. Lorey 1916, S. 196. 1892 war auch in Göttingen ein "Entwurf eines Studienplanes für die Kandidaten des höheren Lehramtes in Mathematik und Physik an der Universität Göttingen nebst einem Auszugs aus dem Statut des mathematisch-physikalischen Seminars" herausgegeben worden; vgl. ZmnU 24 (1893), S. 540 - 546. Dieser Entwurf entsprach einem auf der Schulkonferenz von 1890 artikulierten Wunsch; vgl. Verhandlungen 1891, S. 798.

2) Timerding bezweifelt das originäre Interesse Kleins an der Lehrerausbildung. Er interpretiert es vielmehr als ein nur vorgeschobenes, um die Einrichtung und den Ausbau von Institutionen an der Universität Göttingen zu legitimieren, die der praktischen Anwendung der wissenschaftlichen Theorien dienen sollten (1892 Lehrauftrag für Darstellende Geometrie an Schoenflies, 1895 Versicherungsseminar, 1897 Institut für Angewandte Mechanik, 1898 Einrichtung von Zeichensälen und einer geodätischen Sammlung; vgl. K. H. Manegold 1970, S. 168ff., und W. Lorey 1916, S. 252ff.). Die intensive Beschäftigung Kleins mit der Ausbildungsproblematik, sein Kontakt zu Gruppen, die hier involviert waren, die Aufgabenbestimmung der 1898 gegründeten Göttinger Vereinigung, die explizit die Lehrerbildung beinhaltete, lassen die Zweifel Timerdings unberechtigt erscheinen; vgl. Klein 1896, ders. 1898. Timerding kritisiert weiter die Unangemessenheit dieser Neuregelung: Die Angewandte Mathematik sei noch kein integraler Bestandteil der Schulmathematik; die Ausbildung im Messen, Rechnen und Zeichnen sei für alle angehenden Mathematiklehrer wichtig; die Ausbildung in der Angewandten Mathematik vermittele eher berufliche Spezialqualifikationen als Lehrerqualifikationen; vgl. Die Naturwissenschaften 7 (1919), S. 304.

3) Klein sandte dieses Programm am 10. 12. 1893 an Althoff.

schen Theorie und Praxis dadurch zu beseitigen, daß das "technische Element" ¹⁾, bisher Domäne der THs, in den Universitätsunterricht integriert werde. Dies hätte nach Klein die positive Folge, daß die abstrakte Theorie mit einem Bezug zu relevanten Praxisfeldern ausgestattet und das technologische Wissen wissenschaftlich-theoretisch fundiert würden. Insbesondere machte Klein sich stark für die Reorganisierung ²⁾ der Angewandten Mathematik an den Universitäten. Unterstützt wurde er dabei durch den Göttinger Nationalökonom Wilhelm Lexis, der als Fachautorität - er war selbst ehemaliger Gymnasiallehrer - und enger wissenschaftlicher Berater Althoffs ³⁾ über einen weitreichenden Einfluß auf die Entscheidungen des Unterrichtsministeriums verfügte ⁴⁾.

1898 erließ das Ministerium eine neue Prüfungsordnung

- 1) Diesen Ausdruck wählte Klein in einem Brief an Althoff von 1899; zit. nach Manegold 1970, S. 188.
- 2) Die Angewandte Mathematik, residualer Bestandteile der Universitätsmathematik des 18. Jahrhunderts, war in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts aus dem universitären Lehrplan eliminiert worden; vgl. Lorey 1916, S. 241.
- 3) Nach Lorey intendierte Lexis, "durch Schaffung einer besonderen Lehrbefähigung nun auch den Staat zu zwingen, durch besondere Lehraufträge den Studierenden Gelegenheit zu geben, an der Universität in der Richtung der Angewandten Mathematik sich auszubilden" (Lorey 1916, S. 246).
- 4) Zur Beteiligung anderer Personen an dieser Initiative vgl. W. Lorey 1911, S. 61f. Der Förderverein, mit dem Klein seit 1894 zusammenarbeitete, befaßte sich auf der Göttinger Tagung von 1895 u.a. mit dieser Problematik und kam zu ähnlichen Forderungen; vgl. W. Lorey 1916, S. 244. Auch auf der Düsseldorfer Versammlung der GDnÄ 1898 konnte Klein seine Vorstellungen propagieren; vgl. S. 109, Anm. 4

für das Lehramt an höheren Schulen ¹⁾, durch die eine neue Lehrbefähigung für Angewandte Mathematik geschaffen wurde, die allerdings an eine entsprechende Lehrbefähigung für reine Mathematik geknüpft war.

Eine andere, ebenfalls durch die Prüfungsordnung eingeführte Neuerung ging auch auf Klein zurück: es sollten bis zu drei Semestern TH-Studium für das mathematische Staatsexamen anerkannt werden ²⁾.

Ab 1900 verlagerte sich Kleins Reformengagement auf den Mathematikunterricht an den höheren Schulen Preußens. Auf der 2. Schulkonferenz von 1900 plädierte er für einen strikten Praxisbezug des Unterrichts durch Einbeziehung der Anwendungen der Mathematik, sowie dafür, die Anfänge der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie im Rahmen eines "mathematischen Vorkurses" zu behandeln, mit dem sich für viele Berufsklassen (Architekten, Chemiker, beschreibende Naturwissenschaftler, Mediziner, Maschinenbauingenieure, usw.) der Lehrstoff des Universitätsstudiums reduzieren würde. Freilich warnte Klein auch davor, anwendungsbezogene Mathematik zu stark zu forcieren. Die logische Durchbildung sei nach wie vor als der "Kern der Sache" zu verstehen.

In den folgenden Jahren beteiligte sich Klein an allen wesentlichen Reforminitiativen. Die GDNÄ, mit der er über die Deutsche Mathematiker-Vereinigung seit langem in Verbindung stand, gab den organisatorischen Rahmen für seine Aktivitäten ab.

1) vgl. S. 84

2) Diese Regelung hatte Klein in München angetroffen, wo nach Züricher und Dresdener Vorbild seit 1868 auch die TH das Recht hatte, Lehramtskandidaten der mathematischen Fächer auszubilden; vgl. Lorey 1916, S. 151.

Auf der Versammlung der GDNÄ in Kassel 1903 machte Klein sich zum Fürsprecher der Biologen und stellte die sogenannten Hamburger Thesen zur Abstimmung, die die Wiedereinführung des Biologieunterrichts auf der Oberstufe der höheren Schulen und seine Neugestaltung in allen Klassen forderten ¹⁾.

Gleichzeitig damit akzeptierte die Versammlung Kleins Vorschlag,

"die Gesamtheit der Fragen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts bei nächster Gelegenheit zum Gegenstand einer umfassenden Verhandlung zu machen." ²⁾

Im Rahmen der Berichte über die allgemeine Situation des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der nächsten GDNÄ-Versammlung 1904 in Breslau referierte Klein über den mathematisch-physikalischen Unterricht und seine Reformbedürftigkeit ³⁾. Klein gehörte der hier eingerichteten Reformkommission an. Außerdem gab Klein die Anregung zur Mitarbeit des VDI.

Die auf der folgenden Naturforscherversammlung in Meran 1905 vorgelegten Meraner Pläne, in denen alle wichtigen Reformvorstellungen zusammengetragen waren, trugen unverkennbar den Stempel von Kleins Beteiligung. Hierauf werden wir später zurückkommen.

Klein arbeitete in der Breslauer Kommission bis zu ihrer Auflösung 1907 mit. Innerhalb des Deutschen Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, des Nachfolgers der Breslauer Kommission, übernahm Klein dann als Vertreter der DMV den Vorsitz im Unterausschuß für Lehrerbildung. Die ersten Ergebnisse der

1) Die Hamburger Thesen sind abgedruckt in den Verhandlungen der GDNÄ 1902, S. 274 - 281.

2) A. Gutzmer 1908, S. 17

3) vgl. A. Gutzmer 1908, S. 19ff.

Beratungen wurden erzielt zu Fragen der Ausbildung von Lehrern für technische Fachschulen und von Oberlehrern für die Technischen Hochschulen. Es folgte eine Denkschrift zur Lehrerfrage an den neugeordneten höheren Mädchenschulen, in der sich Kleins Interessen und Verständnis für die Probleme der Frauenbildung spiegelten.

Als die Reformbewegung sich international verallgemeinerte, fand Kleins Reformengagement seinen Abschluß. Mit dem Vorsitz der 1908 gegründeten Internationalen Mathematischen Unterrichtskommission und der Berichterstattung der deutschen Sektion betraut, widmete er sich umfassend der Bestandsaufnahme über den Status quo und die Veränderungstendenzen im Mathematikunterricht in allen wichtigen "Kulturländern". Er besorgte die Herausgabe der "Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland" (Leipzig 1912 - 1916). Darin schloß Klein selber seinen Beitrag zur Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts ab mit Vorschlägen, Projekten, aber auch Realisierungsansätzen zu einer Anpassung der Unterrichtssituation an die "Erfordernisse der Gegenwart".

7. Inhaltliche Analyse der Reform

7.1. Methodische Vorbemerkungen

Aus der Verwissenschaftlichung einiger wichtiger gesellschaftlicher Produktions- und Reproduktionsbereiche resultierte, wie dargestellt, ein qualitativer Neu- und quantitativer Mehrbedarf an mathematischen und naturwissenschaftlichen Qualifikationen. Dieses Faktum bleibt nicht ohne Konsequenz für die höheren Schulen. Da ihr Aufgabenbereich auch die Herstellung der allgemeinen qualifikatorischen Voraussetzungen für die gesellschaftliche Produktion und Reproduktion umfaßt, müssen ihre Zielsetzungen, Inhalte und Methoden an den "externen" gesellschaftlichen Verhältnissen ausgerichtet werden. Freilich läuft diese permanente Anpassung nicht reibungslos und automatisch ab. Zum einen sind die Interessen der verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen in sich zumeist widersprüchlich: zum anderen aber treffen die gesellschaftlichen oder gruppenspezifischen Interessen im Unterrichtssektor keine tabula rasa an, auf der sie unmittelbar in Handlungsanweisungen für den Unterricht umgesetzt werden könnten. Vielmehr finden sie dort tradierte Lehrinhalte und -methoden vor, deren historische und aktuelle Legitimität durch die herrschenden bildungstheoretischen Normen abgesichert ist. In der schulpädagogischen Reformdiskussion müssen daher die neuen bildungstheoretischen Zwecksetzungen, die neuen Stoffe und Methoden oft gegen den massiven Widerstand traditioneller Vorstellungen durchgesetzt werden. Mitunter setzt dies voraus, daß auch die herkömmlichen Bildungsnormen so modifiziert werden, daß sie wieder als bildungstheoretische Obernormen für die neuen inhaltlichen oder methodischen Unterrichtszwecke gelten können.

Die Aussage, daß einschneidende Modifikationen der Qualifikationsstruktur der gesellschaftlichen Arbeitskraft auch

die schulischen Qualifizierungsprozesse tangieren und zu-
meist zu Unterrichtsreformen führen, kann - zumindest für
heuristische Zwecke - umgekehrt werden: Jede historisch
vorfindliche Unterrichtsreform kann (zunächst) als schul-
spezifische Reaktion auf einen Wandel der Qualifikations-
struktur gewertet werden. Stoffbezogene Reformanliegen
sind dann daraufhin zu untersuchen, ob sich in ihnen ein
neuer, gesellschaftlich relevanter Bedarf an besonderen
Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten zeigt; die Ana-
lyse bildungstheoretischer Kontroversen wird sinnvoller-
weise an den Widersprüchen zwischen bildungstheoretischen
und -inhaltlichen Traditionen und den qualifikatorischen
"Bedürfnissen der Gegenwart" ansetzen.

Etwas komplexer erweist sich dagegen das Deutungsproblem
für fachspezifische methodisch-didaktische Unterrichtsre-
formen. Denkbar wäre, daß sie den quantitativen Mehrbe-
darf an einer bestimmten Qualifikationssorte decken hel-
fen sollen, indem sie das Lehrpensum einer größeren Schü-
lerzahl rationell zu vermitteln bzw. den Lernprozeß des
einzelnen zu effektivieren gestatten. Doch wird dieses
Ziel auf einfacheren Wegen erreicht: Gezielte bildungspoli-
tische Maßnahmen ¹⁾, explizite oder implizite Bildungswer-
bung oder die Nachfrage- und Angebotssituation auf dem Ar-
beitsmarkt können die Schülerfrequenzen an solchen Schulen
steigern, die für die entsprechenden Ausbildungsprozesse
zuständig sind. (So lassen die Statistiken vermuten, daß
durch die, absolut und relativ zu humanistisch gebildeten
Schülern gestiegene Anzahl "realistisch" ausgebildeter
Schüler, sowie durch den Ausbau des realistischen Schul-
wesens die Nachfrage nach mathematisch-naturwissenschaft-
lich gebildetem höheren Arbeitsvermögen größtenteils ge-
deckt werden konnte. Dafür spricht auch das Faktum, daß
sich die Schülerzahl an realistischen Schulen (Realschulen

1) Ein Beispiel ist die früher erwähnte Berechtigungs-
politik.

eingeschlossen) von 1896 bis 1914 mehr als verdoppelt hat.¹⁾

Daraus folgt: Zwar können methodisch-didaktische Reformen auch als ein Mittel gedeutet werden, den Mehrbedarf an bestimmten erwünschten Fachkompetenzen zu decken, doch bleibt diese Deutung zu schmal. Auf eine u.E. angemessenere Deutungsbasis weist folgende Überlegung hin:

Methodische Unterrichtsprinzipien sind in wesentlichen Aspekten invariant gegenüber speziellen Unterrichtsstoffen oder -fächern, d.h. sie entspringen weder fachspezifischen Strukturen, noch sind sie in ihrem Anwendungsbe-
reich von vornherein fachlich begrenzt. Methodenreformen erfassen daher in der Regel mehrere Fächer gleichzeitig. Dies spricht dafür, bei der Analyse der methodisch-didaktischen Reform des Mathematikunterrichts umfassender anzu-
setzen und von der damals allgemein geführten Methodendiskussion Rückschlüsse auf den Mathematikunterricht zu ziehen.

7.2. Zur historisch-systematischen Bedeutung der Meraner Vorschläge

Die Meraner Vorschläge sind das inhaltliche Konzentrat der Reform. Hier sind die wichtigsten Reformanliegen präzise auf den Begriff gebracht und die fortschrittlichsten Tendenzen in einen ausführlichen Lehrplan umgesetzt worden. Dementsprechend weitreichend sind die Auswirkungen dieser

1) Auf 10 000 der Gesamtbevölkerung kamen:

	1896	1898	1900	1902	1904	1906	1908	1910	1912	1914
Gymnasiasten	24	24	25	25	26	26	26	26	26	25
Realgymnasiasten	7	6	6	7	7	8	10	11	13	14
Oberrealschüler	3	4	4	5	6	7	8	10	10	11
Realschüler	6	8	8	9	10	10	9	8	8	8
Insgesamt	40	42	43	46	49	51	53	55	57	58

Pläne.

Fast alle nachfolgenden Überlegungen zur Umgestaltung des Mathematikunterrichts knüpfen an die Meraner Pläne an, sei es nun positiv-bejahend oder - selten genug - kritisch-distanziert. Noch heute wirken die hier gegebenen Impulse in den Lehrplänen, vor allem aber in der Unterrichtsrealität nach.¹⁾ Neue Akzente wurden eigentlich erst wieder in den sechziger Jahren gesetzt, als die Mathematiklehrpläne strukturmathematisch, insbesondere mengentheoretisch reformuliert wurden, weil einige Kreise sich hiervon eine Beseitigung der seit dem "Sputnik-Schock" 1957 häufig behaupteten Friktionen zwischen erforderter und von der Schule tatsächlich produzierter Qualifikationsstruktur erhofften.²⁾ Somit besitzen die Meraner Vorschläge eine langfristige Bedeutung und historische Dignität wie kaum ein anderes mathematikunterrichtliches Konzept. In der Retrospektive erweist sich das Urteil der Reformier:

"... dieses Reformwerk hat ja eine außerordentliche Tragweite ..." 3)

als durchaus zutreffend.

-
- 1) Noch in der Gegenwart liegt zahlreichen Lehrplänen und Lehrbüchern das Konzept der sog. traditionellen Mathematik der Meraner Pläne zugrunde; vgl. H. Lenné 1969, S. 18ff.
 - 2) Das in diesem Zusammenhang wichtigste Dokument sind die "Empfehlungen und Richtlinien zur Modernisierung des Mathematikunterrichts an den allgemeinbildenden Schulen", die am 3. 10. 1968 von der Kultusministerkonferenz beschlossen worden sind. Zu ihrer inhaltlichen Kritik, vgl. die "Erlanger Stellungnahme" in: betriebs-erziehung 1969, H. 11, S. 34 - 35. Ohne im einzelnen hierauf einzugehen, sei angemerkt, daß sich die Hoffnungen, die man auf die neuen Lehrpläne gesetzt hat, längst nicht erfüllt haben, ja, Tendenzen ihrer neuerlichen Revision zu beobachten sind; vgl. S. 235ff.

- 3) ZmnU 36 (1905), S. 543

Aus diesen Gründen scheint es uns gerechtfertigt, die inhaltliche Analyse der Reform des Mathematikunterrichts um die Jahrhundertwende an diesen Plänen ansetzen zu lassen. Anders als im vorangegangenen Abschnitt, dessen Aussagen zumeist auch auf die naturwissenschaftlichen Fächer bezogen werden konnten, zentrieren sich die Überlegungen nun allein auf den Mathematikunterricht.

7.3. Die Reform der Bildungsziele und Bildungsinhalte des Mathematikunterrichts

7.3.1. Erziehung zur quantifizierend-mathematisierenden Betrachtungsweise von Natur und Gesellschaft

Die Meraner Reformer begrüßen zunächst das Faktum, daß die Mathematik, im Gegensatz zu den Naturwissenschaften, einen sicheren Ort und die erforderliche Geltung im Lehrplan des Gymnasiums besitze. Der Mathematikunterricht bedürfe daher

"nur einer gewissen Anpassung an die modernen Aufgaben der Schule" ¹⁾,

die allerdings gegen den Druck tradierter Vorstellungen und Gepflogenheiten durchgesetzt werden müsse. Über das "Prinzip dieser Anpassung" besteht Konsens. Schon im allgemeinen Teil, der den Einzelberichten zu den verschiedenen Unterrichtsfächern vorangeht, wird als ein oberster Zweck der Reform, zu dem alle vorgeschlagenen Veränderungen sich als Mittel verhalten müssen, gefordert, daß unter Verzicht

"auf einseitige und praktisch wertlose Spezialkenntnisse ... die Fähigkeit zur mathematischen Betrachtung und Auffassung der Vorgänge in der Natur und in den menschlichen Lebensverhältnissen geweckt und gekräftigt werden" ²⁾

solle. Die Pläne zur Reform des Mathematikunterrichts nehmen diese Forderung in ähnlicher Formulierung wieder auf:

1) ZmnU 36 /1905), S. 543

2) a.a.O., S. 537

"Ferner wird es sich darum handeln, ... die Fähigkeit zur mathematischen Betrachtung der uns umgebenden Erscheinungswelt zu möglichster Entwicklung zu bringen." 1)

Auch im "abschließenden Ziel" für den Mathematikunterricht auf der Oberstufe wird dieser Zweck rekapituliert. Neben einem "wissenschaftlichen Überblick" über den mathematischen Schulstoff werden hier genannt:

"eine gewisse Fähigkeit der mathematischen Auffassung und ihrer Verwertung für die Durchführung von Einzelaufgaben, endlich und vor allem die Einsicht in die Bedeutung der Mathematik für die exakte Naturerkenntnis und die moderne Kultur überhaupt." 2)

Die traditionelle neuhumanistische Obernorm, derzufolge durch den Mathematikunterricht formale Bildung vermittelt werden soll, bleibt unangetastet. Ihre Relevanz und Geltung werden betont, die Aussicht auf eine bessere Realisation im Zuge der geplanten Reform eröffnet. 3)

"Mathematische(s) Betrachtung und Auffassung der Vorgänge in der Natur und in den menschlichen Lebensverhältnissen" heißt, das Prinzip der Mathematisierung umfassend zu befolgen, wodurch folgende Schrittabfolge zusammenfassend charakterisiert ist:

1. Sachverhalte werden mit metrischen Prädikatores beschrieben. In der Sprache der Reformer umfaßt dieser Schritt die "Umsetzung von Sachverhältnissen in Zahlenverhältnisse" 4).
2. Auf die so gewonnene metrische Situationsbeschreibung werden Theoreme der Mathematik angewandt; die mathematischen Lehrsätze fungieren als Schlußregeln, nach denen aus den metrischen Situationsbeschreibungen problemklärende und -lösende Folgerungen gezogen werden.

1) a.a.O., S. 543

2) ZmnU 36 (1905), S. 545

3) a.a.O., S. 537 und S. 544

4) H. Thieme 1890, S. 91. Der Schüler sollte erfahren, "daß die Welt in ihren großen und kleinen Erscheinungen dem Maß und der Zahl unterworfen ist" (G. Völcker 1893, S. 530).

Die quantifizierend-mathematisierende Lebensorientierung muß zur Selbstverständlichkeit werden. Nur derjenige findet sich in der Welt zurecht, dem, wie schon die Lehrer der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer 1891 in Braunschweig behauptet hatten, eine solche Sichtweite

"dauernd zum unwillkürlichen Bedürfnis" ¹⁾

geworden ist; denn:

"Wer mathematisch ein Laie ist, geht mehr oder weniger als Fremder durch unsere Zeit." ²⁾

Diese Ausführungen machen deutlich, daß im Prinzip der Mathematisierung inhaltlich genau jene Momente aufgehoben sind, mit denen wir an früherer Stelle die beiden ersten Anwendungsstufen von natur- und technikwissenschaftlicher Theorien auf Probleme der Produktionspraxis beschrieben haben.

Wir können also die von den Meraner Plänen geforderte mathematische Betrachtungsweise deuten als eine konsequente Anpassung der Unterrichtsnormen an diejenigen Qualifikationsanforderungen, die aus der mathematisch formbestimmten Verwissenschaftlichung verschiedener Produktionsbranchen und Reproduktionsbereiche entspringen.

Das im Zusammenhang mit der Vergesellschaftung der Wissenschaften durchaus sinnvolle Prinzip der Mathematisierung wird in der Reformliteratur häufig ideologisch pervertiert durch Forderungen wie: Der Schüler müsse im Mathematikunterricht lernen, alles, was sich nicht mathematisieren läßt, der unwesentlichen "Oberfläche" zuzuordnen und das "Wesen" der Erscheinungen mit ihrer mathematischen Struktur zu identifizieren. Seine Sinne sollen so trainiert werden, daß sie als "die Logik" der Natur und der Gesellschaft, als den "unveränderlichen Kern" und "das in allem Wechsel waltende Gesetz" deren mathematische Bestandteile selektieren und den Rest, d.h.

1) vgl. S. 124

2) G. Völcker 1893, S. 485 (im Original gesperrt)

"alles, was die Welt der Erscheinungen zu einem un-
stet wogenden Meere macht" ¹⁾,

als unwesentlich vernachlässigen. Neben der Unterstellung,
daß im Leben wesentlich nur das sei, was durch die mathe-
matische Formelsprache beschrieben und analysiert werden
könne - wir erkennen hier jenen den verallgemeinerten Geld-
und Waren-Verhältnissen entstammenden "zeitpsychologischen
Zug" der "Rechenhaftigkeit" wieder -, enthalten solche glo-
balen Lernziele insbesondere die szientistische Annahme,
daß alle gesellschaftlichen Ereignisse und Prozesse wie
Naturgegebenheiten und -vorgänge aufgefaßt werden könnten,
d.h. daß sie metrisierbar und durch mathematisch formulier-
te allgemeine Gesetze prognostizierbar seien und damit -
in Grenzen - manipulierbar werden.

Dies bleibt nicht ohne Folgen für die politische Funktions-
bestimmung des Mathematikunterrichts: Den herrschenden
Klassen wird die Mathematik als eine Grundlage "national-
ökonomische(r) Bildung" ²⁾ und als Mittel empfohlen, ihrer
"Führerrolle für das Volk" ³⁾ gerecht zu werden. Mit ihrer
Hilfe sollen sie die gesellschaftlichen Reformwünsche bis
hin zu den

"mit Elementargewalt hervorbrechenden Trieben und
Begehnrissen der Arbeiterwelt" ⁴⁾

verständnisvoll und

"das Mögliche gewährend" ⁵⁾

beherrschen.

"Der Mehrzahl der Volksgenossen" ⁶⁾

dagegen soll mathematisches Grundwissen ⁷⁾ die Notwendigkeit
erleichtern,

1) a.a.O., S. 478f.

2) H. Keferstein 1906, S. 805

3) O. Dillmann 1889, S. 49

4) a.a.O., S. 49

5) H. Keferstein 1906, S. 805

6) ebd.

7) Keferstein plädiert daher für Zinseszins-, Renten-, Wahr-
scheinlichkeitsrechnung und den Funktionenbegriff auf den
Volksschulen.

"mit dem Erreichbaren sich zu begnügen" ¹⁾

und die "objektiv" eingeengten Handlungsspielräume zu akzeptieren.

Der Mathematikunterricht wird hier von den Mathematikdidaktikern als Mittel gegen Revolution und für friedliche Integration aller gesellschaftlichen Gruppen und Klassen auf der Basis "objektiver Notwendigkeiten" ²⁾ propagiert und somit in den Dienst der nationalen Sammlungs- und Zähmungspolitik gestellt. ³⁾

Die Meraner Reformer präzisieren den Zweck, die Schüler zu einer mathematischen Betrachtungsweise ihrer Umwelt anzu-leiten, in Form zweier "Sonderaufgaben":

"die Stärkung des räumlichen Anschauungsvermögens"
und

"die Erziehung zur Gewohnheit des funktionalen Denkens". ⁴⁾

Diese beiden Ziele enthalten wichtige Einzelaspekte. Sie liefern zudem Auswahl- und Ordnungsprinzipien für die Lehrpläne und sind daher auch von systematischer Bedeutung. Dies rechtfertigt, ausführlicher auf sie einzugehen.

7.3.1.1. "Die Stärkung des räumlichen Anschauungsvermögens"

Der Begriff "räumliches Anschauungsvermögens" wird in der mathematikdidaktischen Literatur in zweifachem Sinne gebraucht: Erstens bezeichnet er die Fähigkeit, wissenschaftliche Sachverhalte "bildlich", an räumlichen Objekten, deren Formen, Lagebeziehungen und -veränderungen empirisch-

1) Keferstein 1906, S. 805

2) O. Dillmann schreibt insbesondere dem Realgymnasium, dem "mathematischen Gymnasium", aufgrund der dort schwerpunktmäßig betriebenen Mathematik die Funktion zu, "die schlummernden Gegensätze des Jahrhunderts, ehe sie in Gewaltausbrüchen sich Ausdruck verschaffen, auszugleichen". (O. Dillmann 1889, S. 49f.) Zur These, daß zwischen dem Mathematik-Treiben auf der einen Seite und der politischen Betätigung auf der anderen Seite ein spezifischer Zusammenhang bestünde, hat sich kritisch F. Klein geäußert; vgl. F. Klein 1926, S. 71f. (1. Bd.)

3) vgl. H. Böhme 1969, S. 103

4) ZmnU 36 (1906), S. 543f.

anschaulich nachzuvollziehen und zu verstehen. "Räumliches Anschauungsvermögen" ist hier soviel wie "Vorstellungsvermögen".

Zweitens beschreibt er die Fähigkeit, das Anschauen als ein heuristisches Mittel zur Gewinnung von wissenschaftlicher Erkenntnis zu gebrauchen.¹⁾

Das "räumliche Anschauungsvermögen" wird in den Meraner Plänen stark betont. Ein Grund hierfür ist sicherlich die lange bildungsgeschichtliche Tradition dieses Begriffs. Die Anschauung, die die Aufklärungspädagogik als eine zentrale bildungstheoretische Kategorie entdeckt hatte²⁾, war von Kant als wichtiges Instrument der Erkenntnis ausgearbeitet und, abgesichert durch diesen gnoseologischen Stellenwert, in der pädagogischen Theorie neu entfaltet worden. Nach Kant³⁾ sind die beiden Konstituentien von Erkenntnis die Sinne und der Verstand bzw. die entsprechenden Erkenntnisoperationen Anschauung und (verstandesbegriffliches) Denken. Erkennen von Wirklichkeit ist nicht möglich ohne Anschauung.

"Auf welche Art und durch welche Mittel sich auch immer eine Erkenntnis auf Gegenstände beziehen mag, so ist doch diejenige, wodurch sie sich auf dieselbe unmittelbar bezieht und worauf alles Denken als Mittel abzweckt, die Anschauung." 4)

Kant unterscheidet weiter zwischen der durch die Sinnesorgane vermittelten empirischen und einer reinen apriorischen Anschauung, die konstitutiv ist für die Form, in der sich das Erkennen des Wirklichen vollzieht. Reine Anschauungsformen sind "Raum" und "Zeit"; sie sind der sinnlichen empirischen Anschauung vorgelagert. Diese kann nur durch reine Anschauung formbestimmt aktiv werden.

Bei Pestalozzi wird die Anschauung erneut zum pädagogischen Zentralbegriff: Als "das allgemeine Fundament unserer Er-

1) vgl. H. Lenné 1969, S. 114ff.

2) Wir stützen uns im folgenden auf F. Delekat 1963 und W. Memmert 1968.

3) vgl. F. Neigenfind 1973; W. Schöler 1970, S. 53ff.

4) Kant zit. nach W. Memmert 1968, S. 143

kenntnis" muß die Anschauung auch "zum allgemeinen Fundament des Unterrichts" ¹⁾ gemacht werden. Pestalozzi unterscheidet zwei Formen von Anschauung. Zunächst ist Anschauung sinnliche Wahrnehmung, Realanschauung, was nicht passives Empfangen und Registrieren von Sinneseindrücken bedeuten soll, sondern aktives selbsttätiges Ergreifen der sich von außen her bietenden Eindrücke. Diese einfache Form der Anschauung wird durch die erzieherische Kunst zu einer gebildeten Anschauung. Hierbei spielen die Anschauungsmittel "Form" und "Zahl" ²⁾ sowie die Sprache eine wichtige Rolle. Während bei Kant die Anschauung "nur ein Vehikel der Erkenntnis" ist, weist Pestalozzi sie "als Vehikel auch des Handelns aus" ³⁾. Anschauung wird zum Mittel der Weltorientierung und der Weltbewältigung.

Wir haben diese beiden Theorien kurz skizziert, weil in ihnen die Anschauungs-Diskussionen wurzeln, die um die Jahrhundertwende geführt worden sind und schließlich ihren Niederschlag in den Meraner Plänen fanden. Dies wird deutlich, wenn wir uns die erkenntnistheoretische Basis des umfassenden Reformvorschlages von A. Ohlert ⁴⁾ ansehen. Ohlert bezieht sich explizit auf den Pestalozzischen Anschauungsbegriff und schlägt vor, ihn mithilfe der Unterscheidung von "sinnlicher" und "geistiger" Anschauung zu vertiefen und auszugestalten. Die "sinnliche Anschauung" wird von ihm definiert als

"die durch selbstthätige Beobachtung gewonnene vollkommene Kenntnis eines Gegenstandes" ⁵⁾;

"geistige Anschauung" ist dann die

1) J. H. Pestalozzi zit. nach K.-H. Günther, u.a. 1966, S. 192; vgl. auch F. Delekat 1968

2) Memmert konstatiert eine "verblüffende" Gleichheit mit den Kantischen Anschauungsformen "Raum" und "Zeit"; vgl. W. Memmert 1968, S. 197

3) a.a.O., S. 200

4) A. Ohlert 1896, S. 76ff.

5) a.a.O., S. 76. Die "sinnliche Anschauung" entspricht der "Realanschauung" Pestalozzis.

"durch selbstthätige Beobachtung, durch selbstthätige Urteile und Schlüsse gewonnene vollkommene Kenntnis einer Vorstellung oder eines Begriffes" 1).

Davon trennt Ohlert noch das logische Denken, allerdings nur zu analytischen Zwecken, denn dieses sei mit der Anschauung

"so untrennbar verknüpft, wie etwa mit dem Feuer die Wärme" 2).

Entsprechend wird auch bei Ohlert die Anschauung zu einer Grundfunktion menschlichen Erkennens:

"Nicht nur das Kind, sondern auch Erwachsene bedürfen der Anschauung, wenn das Denken nicht sofort in leere Träumereien ausarten soll. Selbst die abstrakte Tätigkeit, das mathematische wie das logisch-begriffliche Denken, bedarf der Anschauung, wenn es nicht sofort unwahr oder selbst unlogisch werden soll ... Daraus ergibt sich für den Unterricht folgender Grundsatz:

Die Anschauung ist die unentbehrliche Grundlage des gesamten Unterrichts von der Vorschule bis zur Prima einschließlic." 3)

Die Geschichte des pädagogischen Begriffs der Anschauung kann zwar Hinweise liefern, weshalb dieser Terminus mit gewisser Kontinuität in den Lehrplänen und didaktischen Werken auftaucht; sie enthält aber noch keine hinreichenden Anhaltspunkte für den Bedeutungszuwachs, den dieser Begriff in den Meraner Plänen erfährt. Um hierüber Aufschluß zu erhalten, rufen wir uns zunächst noch einmal jene Doppelbedeutung des "räumlichen Anschauungsvermögens" in den Sinn, nämlich einerseits Wissen zu veranschaulichen, andererseits Wissen zu ermöglichen bzw. zu bilden. Auf beiden Ebenen geht es somit letztlich um Prozesse, die die Bildung und Fundierung von Wissen betreffen. Warum solche Prozesse zum fraglichen Zeitraum wichtig werden, kann aufgrund unserer Ausführungen über die Vergesellschaftung der Wissenschaften leicht beantwortet werden. Die neuen sozialen Funktionen

1) a.a.O., S. 77. Dem korrespondiert bei Pestalozzi der Begriff der "gebildeten Anschauung".

2) a.a.O., S. 78

3) a.a.O., S. 77f.

der Wissenschaften und der über die Konkurrenz vermittelte Zwang zu immer neuer Akkumulation von Wissen hatten ein enormes Wachstum der Wissenschaften befördert, das auch selbst bald seiner Naturwüchsigkeit entkleidet und in Kontrolle genommen wurde. Gerade in denjenigen gesellschaftlichen Bereichen, deren wissenschaftliche Resultate sehr schnell in praktische Nutzenwendungen umgesetzt bzw. profitträchtig verwertet wurden, machten zunächst die Wissenschaftler selbst die Produktion und Zirkulation von Wissen zum Gegenstand ihrer Reflexion. Sie entwickelten ein neues Interesse an wissenschaftlichen Denk- und Erkenntnisprozessen, das schließlich bis in die Wissenschaftspropädeutik der Schulen "hinabreichte" und zu mehr oder weniger ausgefeilten Bildungskonzepten führte.

Es liegt also nahe, die wissenschaftstheoretische Diskussion der damaligen Zeit daraufhin abzuklopfen, ob in ihr der Begriff der "räumlichen Anschauung" anklingt oder gar eine größere Rolle spielt, da hieraus auf weitere Ursachen für seinen Bedeutungszuwachs in den Meraner Plänen geschlossen werden kann. Tatsächlich finden sich solche Hinweise.

Gerade Felix Klein, über dessen Reformbeitrag wir schon ausführlich berichtet haben, hat als Mathematiker der "räumlichen Anschauung" für die Lösung von Problemen, für den Aufbau neuer Theorien, aber auch für die Veranschaulichung wissenschaftlicher Ergebnisse große Bedeutung beigemessen:

"Unabhängig von dem Wechsel der logischen Grundlage ist hier, wie schließlich in allen meinen Untersuchungen, die Arbeit mit der räumlichen Vorstellung als solcher, d.h. die geometrische Phantasie das Hauptinstrument geblieben, dessen ich mich zur Erfassung der tatsächlichen Beziehungen, wie zur Aufsuchung neuer Resultate bediente." ¹⁾

Wir erkennen in Kleins Überlegungen die oben dargestellten erkenntnistheoretischen Grundannahmen wieder, spezifiziert

1) F. Klein 1921 - 23, Bd. 2 (1922), S. 5

für die Mathematik: ¹⁾ Zum einen erleichtert und vertieft das Raumanschauungsvermögen das Verständnis wissenschaftlicher Sachverhalte, zum anderen dient es dazu, neue mathematische Hypothesen aufzustellen und somit mathematisches Wissen zu bilden. Obwohl Klein immer auch die Notwendigkeit der strengen, logisch-systematischen Beweisführungen in der Mathematik betont:

"Mathematische Entwicklungen, welche der Anschauung entstammen, dürfen nicht eher als fester Besitz der Wissenschaft gelten, als sie nicht in strenge logische Form gebracht sind." ²⁾

und auch für den gymnasialen Mathematikunterricht die

"Notwendigkeit eingehender logischer Entwicklungen" ³⁾

unterstreicht, bekennt er sich doch ebenso entschieden zur vollen spezifischen Erkenntnisfunktion der sinnlichen Anschauung, die

"überall dem logischen Denken vorausseilt und also in jedem Momente einen weiteren Bereich besitzt als diese." ⁴⁾

Es ist nicht daran zu zweifeln, daß in den Meraner Plänen auch Kleins eigene Wertschätzung des "räumlichen Anschauungsvermögens" zum Ausdruck gekommen ist.

Ähnliches wie für die Mathematik gilt auch für die produktions- und reproduktionsrelevanten empirischen Wissenschaften. ⁵⁾

Das naturwissenschaftliche Weltbild des 19. Jahrhunderts enthielt als eine wichtige methodologische Forderung das "Prinzip der Anschaulichkeit": Alle Erscheinungen der ma-

1) Klein selbst knüpft, wenn auch partiell kritisch, an Pestalozzi an; vgl. F. Klein 1925, S. 250f.

2) F. Klein 1921 - 23, Bd. 2 (1922), S. 240

3) a.a.O., S. 239

4) a.a.O., S. 237

5) Auch F. Klein hat an Beispielen deutlich zu machen versucht, was die einigermaßen geübte Anschauung tagtäglich über die rechnerische oder konstruktive Behandlung hinaus für die quantitative Behandlung der physikalischen oder technischen Probleme leistet." (F. Klein 1921 - 23, Bd. 2 (1922), S. 238)

teriellen Welt müssen mit Hilfe anschaulicher Begriffe, Hypothesen oder Theorien erklärt werden. (Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde mit der Quantentheorie und der Relativitätstheorie ein neues "Prinzip der Unanschaulichkeit" methodologisch zulässig und bedeutsam: Es gibt Erscheinungen, die prinzipiell nicht anschaulich darstellbar sind. ¹⁾)

Wir werden nun an drei Vertretern naturwissenschaftlich orientierter Disziplinen zeigen, wie sich das allgemeine wissenschaftsmethodologische Prinzip der Anschaulichkeit trotz fachspezifischer und wissenschaftshistorischer Modifikationen in die gleichen Forderungen an den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht umsetzt.

Für Ernst Mach ²⁾, der einen Positivismus solipsistisch-sensualistischer Prägung vertrat, ist Wissenschaft eine möglichst vollständige, ökonomische Kombination unmittelbar gegebener sinnlicher Erfahrungen und Empfindungen. Konstruktiv-logische, durch deduktive Prinzipien angeleitete Verknüpfungen der sinnlichen Elemente sind seiner Auffassung zufolge bereits "Fiktionen" und nachträgliche Verfälschungen. Die mathematischen Formeln stellen nur besonders ökonomische Zusammenfassungen einer Vielzahl von Beobachtungen, sozusagen stenographische Kürzel zum Zweck der Wissensvermittlung dar. ³⁾

Dem entspricht die Bildungstheorie von Ernst Mach. ⁴⁾ Hier-

1) Zum Rekurs auf die "Unanschaulichkeit" in der Mathematik vgl. E. Stölting 1974, S. 35ff.

2) Ernst Mach (1838 - 1916), österreichischer Physiker und Philosoph. - Mach scheint geeignet, weil er viele Anhänger unter den Mathematikdidaktikern gefunden hat und sich auch selbst zur Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts geäußert hat; vgl. A. Schülke 1909, S. 71 und E. Mach 1908.

3) vgl. E. Mach 1933, 4. Kap. 4. Abschnitt: "Die Ökonomie der Wissenschaft", S. 457 - 471

4) Sie wurde von Mach bereits 1886 auf der Versammlung des deutschen Realschulmännervers eins vorgetragen, erschien jedoch erst 1908; vgl. E. Mach 1908. S. 3f.

nach ist der Hauptzweck des Unterrichts und der Bildung die Mitteilung von Wissenschaft, um

"einem Individuum Erfahrung zu ersparen durch Übertragung der Erfahrung eines andern Individuums." 1)

Da man aber in der Mathematik und in den Naturwissenschaften von Beobachtungen und intuitiven Erkenntnissen ausgehen müsse,

"müssen wir vor allem ändern in jedem dieser Gebiete (Mathematik und Naturwissenschaften, H.L) b e o b -
a c h t e n l e r n e n ." 2)

Die beobachteten sinnlichen Elemente werden dann vollständig, ökonomisch, einfach und übersichtlich kombiniert und "organisch verbunden" 3) zu einer "Reihe von Tatsachen".

Die Schulung des Anschauungsvermögens im Sinne von "systematischer Beobachtung" wird für Mach zum zentralen Bildungsziel, das in der Mathematik und in den Naturwissenschaften besonders leicht zu realisieren sei aufgrund

"der relativen Einfachheit des mathematischen und naturwissenschaftlichen Stoffes." 4)

Auch A. Riedlers 5) Konzept ist an positivistischen Vorstellungen orientiert. Er propagiert die

1) E. Mach 1933, S. 457

2) E. Mach 1908, S. 20; umgekehrt geht Mach auch von einem besonderen Bildungswert dieser Fächer aus: "Die für ein ersprißliches Denken so notwendige F o l g e r i c h -
t i g k e i t u n d S t e t i g k e i t der Vorstellungen wird vorzugsweise durch die M a t h e m a t i k,
die Fähigkeit mit den Vorstellungen den Tatsachen zu folgen, d.h. zu b e o b a c h t e n oder Erfahrungen zu sammeln, vorzugsweise durch die N a t u r w i s s e n -
s c h a f t e n gefördert." (a.a.O., S. 19) Das Gebiet der Beobachtungen "ist zwar etwas k l e i n e r und näherliegend in der Mathematik, aber schwieriger zu durchmessen in den Naturwissenschaften." (a.a.O., S. 20).

3) vgl. a.a.O., S. 21

4) E. Mach 1908, S. 21

5) A. Riedler (1850 - 1936), österreichischer Ingenieur, Professor an den Technischen Hochschulen Aachen und Berlin; er begründete 1895 das erste Maschinenlaboratorium in Berlin. Riedler gehört zu den bedeutendsten Verfechtern einer besseren "Ingenieur-Erziehung", vgl. A. Riedler 1895.

"richtige Erkenntnis der wirklichen Welt und des Zwanges der Thatsachen" 1)

und warnt vor den Höhenflügen der

"gelehrte(n), unfruchtbare(n) Theorie" 2).

Technisches Wissen über die Welt baue auf "naturwissenschaftlicher Erkenntnis" 3) auf, die durch das Verarbeiten der sinnlich-empirischen Erfahrung gewonnen werde. Mathematische Kenntnisse seien hierfür zwar notwendig, aber nicht ausreichend:

"Die schwierige Geistesarbeit liegt nicht in der Rechnung, sondern im Ansatz der Rechnung." 4)

Im Ansatz müssen die sorgfältig festgestellten empirischen Bedingungen festgehalten sein; die Rechnung reproduziert nur das, was in den Ansatz hineingelegt wurde. Daher sei die höchste Aufgabe der technischen Erziehung

"das anschauliche logische Denken ohne Formeln, das Denken und Operieren in anschaulichen Begriffen" 5).

Und für die Schule folgt daraus:

"Die Schule muß den Sinn, richtig zu sehen, entwickeln; Uebung hierin, entwickelte Anschauungs- und Vorstellungskraft müssen in das Hochschulstudium ebenso mitgebracht werden wie Beherrschung der Sprache, der Mathematik und des Zeichnens." 6)

Wichtigstes Instrument bei der Herausbildung des Anschauungsvermögens sei ein Geometrieunterricht, in dem Raumvorstellung, "plastisches Denken", zeichnerische Fähigkeiten und Handfertigkeiten entwickelt werden. Ein solcher Unterricht jedoch werde aktuell nicht erteilt;

1) A. Riedler 1895, S. 11; vgl. auch S. 5: "... urtheilen zu lernen, aber nicht nach dem Wortverstande, sondern nach Thatsachen."

2) a.a.O., S. 22

3) a.a.O., S. 16

4) A. Riedler 1896, S. 305

5) a.a.O., S. 306

6) a.a.O., S. 305

"da ist tiefgreifende Reform nothwendig." 1)

Nur wenn der Mathematikunterricht wieder

"auf dem Wege der Anschauung, der Naturerkenntnis
und ihrer Anwendung" 2)

wandle, könne auch die Mathematik wieder ihre Funktion als
"unerläßliches Grundwerkzeug" erfüllen und damit verlore-
nes Ansehen zurückgewinnen.

Ähnliche Tendenzen mit ähnlichen bildungstheoretischen
Konsequenzen machten sich in der Wissenschaftstheorie der
medizinischen Disziplinen, insbesondere in der Physiologie,
bemerkbar. Das Aufkommen des Neovitalismus, der eine außer-
halb und unabhängig von menschlichen Bewußtsein existieren-
de objektive Realität ablehnt und die Welt als Komplex
menschlicher Empfindungen und Sinneseindrücke ansieht 3),
trägt dazu bei, im sinnlichen, anschauenden und systema-
tisch beobachtenden Umgang mit den Dingen die wichtigste
Quelle der Erkenntnis zu sehen und dementsprechend hoch das
Vermögen zur Anschauung und Beobachtung einzuschätzen.
Vielfach endet diese Auffassung im totalen Agnostizismus,
so bei dem Physiologen M. Verworn, der als Vertreter der
Deutschen Physiologischen Gesellschaft im DAMNU mitarbeitete.
4) Auch R. Virchow hat auf der Schulkonferenz von 1890
eine sensualistisch-agnostizistische Position eingenommen.
Da seine Argumentationen immanent stringent geführt sind
und sich auch auf die Frage des Unterrichts beziehen, seien
sie hier ausführlicher wiedergegeben.

Als Ausgangsbasis für das Medizinstudium reicht nach
Virchow aus,

"daß der Schüler lernt, wie die Naturobjekte zu be-
trachten sind ohne eine künstliche Konstruktion",

denn:

"Die Gewöhnung an eine doktrinäre, abstrahierende

1) A. Riedler 1895, S. 22

2) A. Riedler 1896, S. 306

3) vgl. hierzu A. Mette u. I. Winter (Hrsg.) 1968, S. 238f.

4) vgl. ebd.

Betrachtung ergibt jene Neigung zu schiefen Urtheilen, welche sich nur zu leicht in das geistige Leben überträgt und in den weitesten Kreisen verheerend wirkt." 1)

Daraus folgert er:

"Die jungen Leute sollten schon auf der Schule lernen, wie man einen natürlichen Gegenstand angreifen, behandeln und betrachten kann." 2)

Der faktische Unterricht komme dieser Aufgabe nicht nach:

"... für uns Mediziner erhebt sich aber die größte Besorgniß, insofern als wir finden, daß jede neue Generation von Studirenden weniger geschult ist, ihre Sinne zu gebrauchen ... Die Fähigkeit zur Beobachtung, welche dem natürlichen Menschen innewohnt, wird eben geschwächt durch die gegenwärtige Art des Unterrichts". 3)

Virchows Forderung an einen reformierten Unterricht lautet daher:

"Uebung in der eigenen Beobachtung" durch
"ein gutes Exerzitium der Sinne". 4)

Zusammengefaßt ergibt sich: Die sinnliche Anschauung stellt in den wissenschaftstheoretischen Konzeptionen der Mathematik, der Naturwissenschaften, Technikwissenschaften und der Medizin im ausgehenden 19. Jahrhundert eine grundlegende Kategorie dar. Entsprechend erwarten die Vertreter dieser Disziplinen, daß schon der wissenschaftspropädeutische Unterricht an den höheren Schulen das sinnliche Anschauungsvermögen intensiv schule. Die Meraner Pläne wurden zu einem Sprachrohr ihrer Forderungen.

7.3.1.2. "Die Erziehung zur Gewohnheit des funktionalen Denkens"

Schon in der Formulierung selbst deutet sich eine Wende gegenüber den Lehrplänen von 1901 an. Wurde dort noch vorgeschlagen, erst in der obersten Klasse den Schülern ein

"eingehendes Verständnis des Funktionenbegriffs" 5)

1) Verhandlungen 1891, S. 121

2) ebd.

3) a.a.O., S. 120

4) ebd.

5) Centralblatt 1901, S. 529

zu erschließen, so soll jetzt jeder Schüler von Schulbeginn an daran "gewöhnt" werden, funktional zu denken, d.h. lebensweltliche Erscheinungen mit metrischen Prädikatoren zu beschreiben und gesetzesmäßige Abhängigkeiten zwischen den so quantifizierten Größen mittels mathematischer Funktionen darzustellen.¹⁾ Welch radikaler Bruch mit der Vergangenheit hier vollzogen worden ist, wird in der historischen Rückblende deutlich: 1864 hatte die mathematisch-pädagogische Sektion des Philologenverbandes (damals: Versammlung deutscher Philologen und Schulmänner) beschlossen,

"der auf dem Begriff der Veränderlichen beruhende Teil der Wissenschaft sei gänzlich auszuschließen."²⁾

Rund vierzig Jahre später wird der Begriff der Funktion zum "Kern" des Unterrichts erhoben. Es wird angeraten, den Unterricht so zu gestalten,

"daß dem Schüler die Größen als etwas Veränderliches, Lebendiges gegenübertreten"³⁾.

Die funktionale Betrachtungsweise soll von jedem Schüler als ein außerordentlich fruchtbares Denkprinzip verinnerlicht werden; im Sinne der Reformer heißt dies, daß der Schüler

"Abhängigkeiten von Zahlengrößen untereinander, so daß die eine eine Folge, eine Funktion der willkürlich gewählten anderen vermöge eines zugrunde gelegten algebraischen Ausdrucks ist, von Raumgrößen untereinander und endlich beide Größen wechselseitig untereinander"⁴⁾

immer und überall entdecken und feststellen kann.

1) Diese Rekonstruktion lehnt sich an den Funktionsbegriff v. P. Lorenzen an: "Ist B abhängig von A, so wird zur Beschreibung der Abhängigkeit von A eine Funktion gesucht (...), die für die Meßwerte von A als Argumente (der Funktion, H.I.) die zugehörigen Meßwerte von B als Werte liefert." (P. Lorenzen 1965, S. 70)

2) R. Schimmack 1911a, S. 7

3) Schotten auf der 18. Hauptversammlung des Fördervereins, vgl. ZmnU 40 (1909), S. 571

4) Goering 1908, S. 91

Gewöhnt an den Umgang mit mathematisch-quantitativ fixierten Zusammenhängen und Abhängigkeiten wird der Schüler auch später bereit sein,

"sich mit dem Einfluß veränderlichen Größen abzufinden", ¹⁾

und das "überall".

Diese und andere Äußerungen von reformaktiven Personen legen die Vermutung nahe, daß bei der "Fermentierung" des gymnasialen Mathematikunterrichts mit dem Prinzip des funktionalen Denkens keinesfalls nur ein fachspezifisches Interesse verfolgt wurde, wie etwa W. Lietzmann annimmt. ²⁾ Dagegen bietet sich eine Deutung an, die die Forderung nach funktionenorientiertem Mathematikunterricht in einen Zusammenhang stellt mit der eminenten Bedeutung, die der Funktionsbegriff und dementsprechend die funktionale Betrachtungsweise im 19. Jahrhundert für die gesamten Naturwissenschaften und Technikwissenschaften und damit auch für deren Anwendungsgebiete (z.B. die Medizin) gewonnen haben. Wir haben diesen Sachverhalt bereits ausführlich im Rahmen der Vergesellschaftung der Mathematik dargestellt. Wer in den gesellschaftlichen Bereichen arbeiten wollte, die systematisch auf einen mathematischen Begriffs- und Funktionenapparat zurückgriffen, mußte wissen, was eine Funktion ist, mußte mit den wichtigsten Funktionstypen vertraut sein und sie auf natur- oder technikwissenschaftliche oder sonstige gesellschaftliche Probleme anwenden können. Da zudem der Anteil an gesellschaftlicher Arbeit, der auf diese Bereiche entfiel, damals rapide anstieg, mußte die funktionale Betrachtungsweise als eine Form des mathema-

1) ZmnU 40 (1909), S. 571

2) "Es galt, dieses Durchtränken der Mathematik mit dem Funktionsbegriff gründlicher als bisher zu betreiben, den Funktionsbegriff als den Kitt zu verwenden, der die verschiedenen Kapitel der Schulmathematik zu einer Gesamtheit zu vereinigen geeignet ist." (W. Lietzmann, zit. nach H.-G. Steiner 1967, S. 170)

tischen Denkens allmählich den Charakter einer höheren mathematischen Grundqualifikation annehmen. Die durchgängige Forderung nach einer "Erziehung zur Gewohnheit des funktionalen Denkens" in den Meraner Plänen - wir werden dies später im einzelnen belegen - spiegelt somit die neue soziale Relevanz der mathematisch-funktionalen Denkweise wider.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch kurz auf einen anderen Deutungsversuch eingegangen.

H.-G. Steiner kommt aufgrund eines Vergleiches der traditionellen und der modernen Funktionenlehre zum Ergebnis, das traditionelle funktionale Prinzip habe ein "psychologisches" Moment enthalten, eine

"an der 'Abhängigkeit von veränderlichen Größen' orientierte kinematische Denkweise" 1).

Den Ursprung dieses Denkens "in Veränderungen" sucht E. Schubert in einer Eigenart der Kleinschen Denkweise, die er als "flüssig-beweglich" charakterisiert. 2) Obwohl zwar nicht bezweifelt werden soll, daß Kleins Denken "dynamische" Momente enthielt 3), die sicherlich auch in seinem mathematikunterrichtlichen Reformwerk praktische Auswirkungen hatten, erscheinen uns diese Deutungen indivi-

1) H.-G. Steiner 1967, S. 170 (Hervorhebung von H.I.)

2) E. Schubert 1971, S. 23

3) Solche Dimensionen sind gerade in den frühen wissenschaftlichen Arbeiten Kleins unübersehbar. So ist der Grundgedanke des "Erlanger Programms" von 1872, das das Verständnis von Geometrie in der Folgezeit nachhaltig geprägt hat, daß die Gegenstände der Geometrie nicht in ihrer faktischen starren Existenz untersucht werden sollen, sondern als Ergebnisse eines je besonderen, mathematisch charakterisierbaren Transformationsprozesses: "Was ist das Wesen dieser ganzen Disziplin? Daß wir die einzelne Figur nicht als starr gegeben ansehen, sondern als transformierbar, als veränderlich, daß wir unseren Gebilden sozusagen organisches Leben erteilen." (Klein 1898, S. 303). Jedes Gebiet der Geometrie soll als Invariantentheorie einer besonderen Transformationsgruppe behandelt werden.

dualistisch verkürzt. Sie erwecken nämlich den Eindruck, als habe an einer äußerst wichtigen Stelle in den Meraner Reformen die Eigentümlichkeit eines individuellen Denkmusters unterrichtstheoretisch und -praktisch Geschichte gemacht. Wenn wir nun zwar keine ausführliche Ideologiekritik Kleinschen Denkens liefern können, so soll doch zumindest darauf hingewiesen werden, daß die Sozialpsychologie das "dynamische Denken" als eine in der Phase um die Jahrhundertwende weiter verbreitete Denkeigentümlichkeit ausweist. So haben R. Hamann und J. Hermand in ihrer Studie zum impressionistischen Lebensgefühl ¹⁾ das Bewußtsein des Bürgers jener Zeit mit Begriffen wie "lebendige Bewegung" oder "Pandynamismus" charakterisiert. ²⁾ Es ist also zu vermuten, daß F. Kleins Denkweise, soweit ihr das Prädikat "dynamisch" zukommt, Ausdruck eines allgemeineren "Zeitgefühls" ist, das im Rahmen einer ideologiekritischen sozialpsychologischen Analyse auf die sozioökonomische Situation der dadurch gekennzeichneten gesellschaftlichen Gruppen zurückgeführt werden müßte ³⁾. Dies geht jedoch deutlich über unsere Fragestellung hinaus.

Rekapitulieren wir: Die Meraner Reformer machen den mathematisierten Umgang mit den lebensweltlichen Erscheinungen zu einem neuen Bildungsideal. Raumanschauungsvermögen und funktionales Denken werden in den Rang von Elementarqualifikationen des mathematisch-naturwissenschaftlich ausgebildeten Kopfarbeiters erhoben. Wir haben versucht, diese Fakten als eine Auswirkung und Voraussetzung der Verwissenschaftlichungstendenzen in der gesellschaftlichen Produktion und Reproduktion zu deuten, wobei wir sowohl auf fachspezifische wissenschaftstheoretische Auffassungen als

1) R. Hamann/J. Hermand 1960, S. 14ff.

2) a.a.O., S. 35

3) Der Ansatz einer materialistischen Interpretation impressionistischen Lebensgefühls bei Hamann und Hermand kann dabei nur heuristische Funktion beanspruchen. Er bleibt im Detail vage und unzureichend.

auch auf die spezifischen Formen, in denen sich die Mathematisierung der Wissenschaften vollzogen hat, eingegangen sind. Partiiell wurde auch der bildungstheoretische Hintergrund angesprochen, so im Zusammenhang mit der Tradition des Anschauungsbegriffs als einer zentralen pädagogischen Kategorie.

Freilich blieben solche Betrachtungen singular. Die weitreichenden "Folgelasten", die der allgemeinen Bildungstheorie aus dem für den Unterricht reaktualisierten "Primat der Praxis" entstanden, waren ausgespart; sie sollen nun im nächsten Abschnitt aufgezeigt werden.

7.3.3. Bildungstheoretische Implikationen

7.3.3.1. Formale vs. materiale Bildung

Theoretiker und Praktiker des Mathematikunterrichts schrieben der Vermittlung mathematischen Wissens formalbildende und materialbildende Qualitäten zu, wobei sie unter formaler Bildung das Training der Verstandes-, Urteils- und Willenskräfte subsumierten ¹⁾ und materiale Bildung als Erwerb spezieller mathematischer Fertigkeiten, wie Rechnen, Beweisen, Definieren, Formalisieren, arithmetischer und geometrischer Einzelkenntnisse und der Fähigkeit zur "Anwendung von Mathematik in jedem Sinne" ²⁾ bestimmten. In

1) Häufig zitiert um die Jahrhundertwende ist die Definition von Friedrich Paulsen:
"Formale Bildung der Intelligenz kann man erklären als die Fertigkeit, verwickelte Thatsachenbestände genau aufzufassen, sicher und sachgemäß zu analysieren. Diese Fertigkeit schließt ein die Fähigkeit zu angespannter, beharrlicher, vielseitiger Aufmerksamkeit in der Beobachtung, sicheres Unterscheiden des Erheblichen und Unerheblichen, divinatorisches Treffen des springenden Punktes, endlich methodische Sicherheit in der verificirenden Untersuchung, sowie in der Darlegung und Beweisführung." (zit. nach Thieme, ZmnU 21 (1890), S. 97f.)

2) H. Lenné 1969, S. 9

die Definition der formalen Bildung geht das Transferpostulat ein, das besagt, daß die allgemeinen Qualifikationen, die zunächst an konkreten Inhalten vermittelt worden sind (traditionell: an den "klassischen" Gegenständen der Antike, den Alten Sprachen und der Alten Geschichte), prinzipiell bei beliebigen Beschäftigungen und an allen Inhalten reaktualisiert werden können. Wer beispielsweise an mathematischen Inhalten gelernt hat, logisch zu denken, könne - so die These - überhaupt immer logisch denken. Auseinandersetzungen um das Verhältnis, den Inhalt und die Realisierbarkeit der formalen und materialen Bildung durchziehen die Unterrichtsgeschichte seit der Aufklärung. Im Hinblick auf die altsprachlichen und naturwissenschaftlichen Fächer ging es dabei immer auch darum, welcher Anteil am Lehrplan dem betreffenden Fach zustünde. Stellung und Einschätzung der Mathematik als Unterrichtsfach dagegen blieben hiervon relativ unangetastet. Mit dem Verweis auf ihre Doppelfunktion, nämlich einerseits "abstrakteste Geisteswissenschaft" ¹⁾ und "Idealwissenschaft", andererseits Hilfswissenschaft und Dienstleistungsorgan der Naturwissenschaften (heute auch der empirischen Sozialwissenschaften) zu sein, konnten ihr in plausibler Weise immer beide Bildungsfunktionen zugeschrieben werden. Dieser "Doppelcharakter" der Mathematik ermöglichte zudem, daß die Mathematikdidaktiker ihre Argumente für die Notwendigkeit des Mathematikunterrichts an den Gymnasien geschmeidig dem historischen Wandel der pädagogischen Theorien anpassen konnten: Während im 18. Jahrhundert die instrumentelle Funktion der Mathematik und entsprechend auch der materiale Bildungswert des Mathematikunterrichts stark akzentuiert wurden, ja, die Mathematik bisweilen nur aus Gründen ihrer praktischen Verwertbarkeit

1) B. Booss 1969, S. 106

"in der Feldmeßkunst, der Kriegs- und Civilbaukunst, der Gnomonik" 1)

ihre Stellung im gymnasialen Lehrplan halten konnte 2), trat zu Beginn des 19. Jahrhunderts im Zuge der neuhumanistischen Bildungsreform die instrumentell-praktische Funktionsbestimmung des Mathematikunterrichts zurück hinter der Betonung seines formalbildenden Wertes. So hieß es etwa in einer Zirkularverfügung von 1834 über die Anforderungen in der Mathematik beim Abiturientenexamen:

"Mittels des Geforderten läßt sich der Hauptzweck des mathematischen Unterrichtes in den Gymnasien, welcher nicht sowohl auf Mitteilung von mathematischen Sätzen, die etwa in diesem oder jenem Lebensverhältnis unmittelbare Anwendung auf die sinnlichen Gegenstände finden, als vielmehr darauf zu richten ist, die Urteilkraft der Schüler zu üben und sie an Klarheit und Bestimmtheit der Begriffe zu gewöhnen, ganz füglich erreichen." 3)

Die Anpassung an neuhumanistische Bildungsideale gelang, ohne daß die Stellung des Mathematikunterrichts im gymnasialen Fächerkanon ernsthaft gefährdet gewesen wäre. Die Wochenstundenzahlen für die Mathematik blieben das ganze Jahrhundert hindurch annähernd konstant. 4) In manchen Schulen wurde die Mathematik auch über das zugelassene oder vorgeschriebene Maß hinaus unterrichtet. 5) Erst als im beginnenden wirtschaftlichen Aufschwung vor der Jahrhundertwende die gesellschaftliche Praxis als ein

1) F. Paulsen 1921, Bd. 1, S. 380

2) Der "Nützlichkeitsstandpunkt des achtzehnten Jahrhunderts" (A. Richter 1900, S. 254) tritt besonders deutlich zutage in den Inhaltsverzeichnissen damaliger mathematischer Lehrbücher. So enthält das damals berühmte und vielfach benutzte Werk von Christian Wolff "Die Anfangsgründe aller mathematischen Wissenschaften" (1750): Rechnen, Geometrie, Trigonometrie, Baukunst; Artillerie, Fortifikation, Mechanik, Hydrostatik, Aerometrie, Hydraulik; Optik, Katoptrik, Perspektive, sphärische Trigonometrie, Astronomie, Chronologie, Geographie, Gnomonik, Algebra, Differential- und Integralrechnung.

3) zit. nach A. Richter 1900, S. 254

4) vgl. K. Wigand 1953, S. 251; W. Kroebe1 1963, S. 109

5) vgl. M. Simon 1908, S. 18f.

wichtiges didaktisches Sinnkriterium für den Unterricht reaktualisiert wird, "das Leben" und die "Erscheinungswelt" zu "magischen Vokabeln" (Heydorn) in der aufflammenden bildungstheoretischen Diskussion werden, beginnt eine neue Tendenz sich abzuzeichnen. Es kommt zur Konfrontation zwischen den Protagonisten "realistisch" orientierter Bildungsvorstellungen und den Vertretern klassisch-neuhumanistischer Bildungstraditionen. Der Höhepunkt der mathematikinternen Kontroverse, die im übrigen nicht auf die höheren Schulen beschränkt bleibt ¹⁾, wird erreicht, als A. Richter seine extreme These

"Die Mathematik ist auf den höheren Lehranstalten als Hilfswissenschaft der Naturwissenschaften zu behandeln" ²⁾

in die Diskussion einbringt und damit nicht nur den Protest orthodoxer Neuhumanisten hervorruft, sondern auch bei den gemäßigten "Realisten" auf Ablehnung stößt. ³⁾

-
- 1) "Geschichtlich ist folgender amüsanter Vorgang, bei dem zwei später sehr bekannt gewordene Mathematiker die Akteure waren, der Schweizer F. Rudio und unser späterer Göttinger Carl Runge. Beide promovierten am 23. Juni 1880 und Runge verteidigte die These 'Der Wert einer mathematischen Disziplin ist nach ihrer Anwendbarkeit auf empirische Wissenschaften zu schätzen'. Rudio hingegen verteidigte die These: 'Der Wert einer mathematischen Disziplin kann nicht nach ihrer Anwendbarkeit auf empirische Wissenschaften bemessen werden!' Beide werden wohl mit ihren Behauptungen recht behalten haben, womit die Disputation in ihrer Bedeutung in das ihr zukommende Licht gesetzt worden ist." (Lietzmann 1960, S. 30)
 - 2) im Jahresbericht des Matthias-Claudius-Gymnasiums in Wandsbek 1891 erschienen
 - 3) Der Primat formaler Bildung wurde auch schon in den vorhergehenden Jahren angegriffen, nur nicht in der Schärfe und Rigorosität wie von Richter. So stellte Kramer 1890 die Thesen auf, daß erstens jedes Fach formalbildend wirken könne, und daß zweitens die Natur des Menschen und seine vorschulische Erziehung weitaus besser formal bildeten; vgl. Kramer 1890, S. 614. Die Auswahl der Mathematik als Unterrichtsgegenstand sei durch die Notwendigkeit von Sachkenntnissen gerechtfertigt. Der Mathematikunterricht sei "eine Vorstufe des physikalischen" (a.a.O., S. 615). Mit solchen Argumenten wird auch

Richter greift in seinem aufsehenerregenden Beitrag insbesondere die unkritische Haltung vieler Mathematikdidaktiker und -lehrer zu dem im Konzept der Formalbildung enthaltenen Transferpostulat an. Unter Bezug auf pädagogische Autoritäten wie Herbart ("Der Verstand der Mathematik bleibt in der Mathematik"), Beneke und Ziller kommt er zu dem Ergebnis, daß die formale Bildung, wie sie durch den Mathematikunterricht vermittelt werde, nur in "verwandten" Bereichen reaktiviert werden könne und dann nur so weit reiche,

"Wie bestimmte Raum- und Zahlverhältnisse bei neuen Vorstellungen, namentlich physikalischen wiederkehren." 1)

Daher sei die Mathematik im Unterricht von vorneherein so zu lehren, wie es ihre instrumentelle Funktion für die Naturwissenschaften erfordere. So entfalte sie auch optimale bildende Wirkungen. 2)

Richters kompromißlose Formeln wirkten auf viele Didaktiker wie eine bildungstheoretische Blasphemie. Ihre Diskrepanz zur Tradition war zu groß. Schon auf der konstituierenden Versammlung des Fördervereins 1891, die als Forum für die Diskussion der Richterschen Forderungen diente, setzte sich letztlich eine gemäßigte Richtung (vertreten durch Schülke und Wernicke) durch, wie die Fraunschweiger Beschlüsse zeigen, in denen neben dem Dienstleistungscharakter auch die "volle Selbständigkeit" der Mathematik als Unterrichtsfach betont wird. "Dem nackten Utilitarismus", mit dem man vielfach die Richtersche Position identifizierte 3), war damit die Spitze gebrochen. Man einigte sich auf eine "Gleichgewichtung von formalen und materialen Bildungsmöglichkeiten durch den Mathematikunterricht". Zwar

F. Paulsen kritisiert, der in "Das Realgymnasium und die humanistische Bildung" die Auffassung vertreten hatte, daß vorwiegend die sprachlichen Fächer allgemein bildeten; vgl. Thieme 1890, S. 82ff. und F. Pietzker 1889.

1) A. Richter 1891, S. XI

2) z.B. auch ihre "moralischen Wirkungen"; vgl. a.a.O., S. XXI

3) vgl. M. Simon 1908, S. 19

verstummten in der Folgezeit die Diskussionen um die Funktionen des Mathematikunterrichts nicht völlig, aber sie nahmen mehr und mehr den Charakter von rituellen Geplänkel um geringfügige Modifikationen der Kompromißformel an. Wir müssen auf eine weitere bildungstheoretisch relevante Folge der Auseinandersetzungen aufmerksam machen, die den Inhalt des Begriffs der formalen Bildung betrifft. Bis zu diesem Zeitpunkt waren vornehmlich die philologisch-historischen Fächer als Unterrichtsgegenstände, an denen man formale Bildung vermitteln konnte, ausgezeichnet. Die neue Relevanz der Mathematik und der Naturwissenschaften erlaubte nun, diese Stoffauswahl zu hinterfragen. Die These, Formalbildung sei jeweils dort zu erwerben, wo "das Leben" sie erfordere, gewann zunehmend an Plausibilität und fand neue Anhänger.¹⁾ Dies aber war gleichbedeutend mit einer bildungstheoretischen Aufwertung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer, da

"die Kultur der Jetztzeit in erster Linie durch die Fortschritte der heutigen Technik, der Mathematik und Naturwissenschaften bedingt ist."²⁾

Ihrem technokratisch verkürzten Verständnis von "Kultur" entsprechend, glaubten viele Bildungstheoretiker, dem gesellschaftlichen (in ihrer Terminologie: "kulturellen")

1) Schon die beiden Schulkonferenzen von 1890 und 1900 setzten die Signale. Der Kaiser kritisiert in seiner Eröffnungsrede den faktischen Unterricht: Das Gymnasium habe zuviel Nachdruck auf puren Lernstoff gelegt, und das Können, "die Bedürfnisse des Lebens" vernachlässigt. So gehe es nicht mehr weiter: "... der junge Mensch (solle) doch einigermaßen praktisch für das Leben und seine Fragen vorgebildet werden." (Verhandlungen 1891, S. 72) Und in entschiedenem Gegensatz zu neuhumanistischen Idealen formuliert 1900 Hinzpeter: "Die persönliche geistige Entwicklung galt früher als hohes, erstrebenswertes Ziel, und jetzt gilt sie nur noch als Mittel zu erfolgreicher Bethätigung im wilden Kampfe ums Dasein." (Verhandlungen 1901, S. 3). In dieser darwinistisch-imperialistischen Metapher entschleierte sich, nun weniger euphemistisch, aber ebenso ideologisch formuliert, was Wilhelm II. "Bedürfnisse des Lebens" genannt hatte.

2) H. Thieme 1890, S. 94

Fortschritt dadurch zu dienen, daß sie für eine "fortschritts"- und realitätsbezogene Bildung eintraten:

"... aber wir wollen uns doch bewußt bleiben, daß wir die Jugend nicht für die Vergangenheit, sondern für ein Verständnis der Gegenwart und für eine gedeihliche Mitarbeit an dem Kulturwerke der Zukunft heranbilden wollen ..." 1)

Mit diesem Bewußtsein reformulierten sie den Begriff der formalen Bildung:

"... im Rahmen einer darauf (auf neue Kulturleistungen, H.I.) abzielenden allgemein-menschlichen Geistesbildung, eines Humanismus im wahren Sinne des Wortes wollen wir auch den Errungenschaften der Naturforschung und der mathematisch-exakten Schulung des Geistes die Stellung im Unterricht der höheren Schulen sichern, die ihnen ihrem innersten Wesen nach gebührt." 2)

Damit aber war es möglich geworden, auch unter dem Etikett der formalen Bildung für ein stärkeres Gewicht der Mathematik und vor allem der Naturwissenschaften innerhalb des gymnasialen Lehrplans einzutreten und - fachimmanent - in einer stringenten bildungstheoretischen Argumentation für einen engen und umfassenden Bezug zur lebensweltlichen Praxis zu plädieren.

Die Meraner Pläne machen von dieser Möglichkeit bereits vollen Gebrauch, wie ausführlich gezeigt wurde.

7.3.3.2. Allgemeinbildung vs. Spezial- und Berufsbildung

Die Begriffspaare "formale/materiale" bzw. "allgemeine/spezielle" Bildung werden in der Reformliteratur nicht einheitlich, häufig auch synonym verwendet. 3) Eine begriffliche Rekonstruktion und Unterscheidung jedoch kann uns die Beschreibung und Erklärung einiger Reformphänomene erleichtern und soll daher zunächst versucht werden.

1) K. Fricke 1908, S. 43

2) ebd.

3) G. Völcker kommentiert diesen Sprachgebrauch ironisch: "Begriff der 'allgemeinen Bildung', je nach Bedürfnis auch 'formale Bildung' genannt" (G. Völcker 1891, S. 15).

Mit dem Begriffspaar der formalen und materialen Bildung werden Bildungsinhalte unterschieden: im Falle der formalen Bildung eine methodisch-moralische Kompetenz (traditionell: die Entwicklung der individuellen Verstandes-, Urteils- und Willenskräfte) und im Falle der materialen Bildung material-inhaltliches Wissen und praktische Fähigkeiten.

Die Unterscheidung Allgemein-/Spezialbildung dagegen bezieht sich auf den gesellschaftlichen Zweck von Bildung: Allgemeinbildung bezeichnet denjenigen Wissensfundus, der den Mitgliedern einer Gruppe - im allgemeinsten Fall ist die Gruppe die Gesellschaft selbst - gemeinsam ist.¹⁾ Spezial- oder Berufsausbildung ist die Summe aller Qualifikationen, die notwendig und nützlich sind, um einen bestimmten Beruf innerhalb der durch die gesellschaftliche Arbeitsteilung historisch herausgebildeten Berufshierarchie auszuüben.

Je nach Umfang und Inhalt der Bildung, über die eine soziale Gruppe verfügt, lassen sich verschiedene "Stufen" von Allgemeinbildung unterscheiden. Die "höchste" Stufe wird in der Regel denjenigen zugeschrieben, die den längsten Ausbildungsweg gemeinsam gegangen sind (ohne notwendig den gleichen Beruf zu haben). In Preußen sind das im wesentlichen die Absolventen der höheren Schulen gewesen,

1) Dieses Merkmal betont auch K. A. Schmid, wenngleich ihm sein Definitionsversuch letztlich zur Tautologie gerinnt: "Allgemeine Bildung heißt zunächst die allen gemeine, für alle, welche zu den Gebildeten gehören wollen, notwendige Bildung ..." (K. A. Schmid (Hrsg.) Bd. 1, 1859, S. 660). In ähnlicher Weise dann rund fünfzig Jahre später O. Willmann im Lexikon der Pädagogik (hgg. v. Roloff, Bd. 1, 1913, S. 524): "Wenn wir diese (durch Lernen und Üben erworbene, H.I.) Bildung allgemein nenne, so bezieht sich dies ... darauf, daß sie einem Kreis gemeinsam ist ..." W. verlangt zusätzlich, daß das hierunter subsumierte Wissen "allgemeiner Natur und nicht durch berufliche Zwecke bestimmt" ist. Diese Bestimmung scheint uns auch in der bürgerlichen Gesellschaft, in der Leben und Arbeit relativ getrennte Sphären sind, schwer operationalisierbar.

die auf der Universität ihre weitere Berufsausbildung erhalten; sie repräsentierten die "gebildeten Stände", in Absetzung von den weniger allgemein Gebildeten, dem "ungebildeten Volk". (Auf die Ursachen des gesellschaftlichen "Bildungsgefälles" - ein Euphemismus, der die starke Polarität und Differenz der Bildungsstufen glättet -, soll hier nicht eingegangen werden. ¹⁾)

Die Allgemeinbildung ist die Grundlage, auf der die Berufsbildung aufbaut. Inhaltlich lassen sich diese beiden Bildungsarten nur schwer abgrenzen, zumal die Grenzlinie von den jeweiligen gesellschaftlichen Verhältnissen mitbestimmt ist und sich historisch verändert:

"Der Begriff der allgemeinen Bildung ändert sich mit der Zeit, der Culturstufe und der nationalen Entwicklung."²⁾

Besonders diejenigen Phasen werfen ein Licht auf die soziale und historische Genese von "Allgemeinbildung", in denen sich die gesellschaftlichen Produktivkräfte sprunghaft entfalten. Der in solchen Zeiten oft ebenso sprunghaft zunehmende Bedarf an bestimmten Qualifikationen macht Elemente aus dem tradierten Bestand speziellen Berufswissens zu allgemeinen Voraussetzungen sehr vieler Berufe,

1) Häufig wird in der damaligen Diskussion die "soziale Frage" (im Zusammenhang damit auch das Erstarken der Sozialdemokratie) mit den Bildungsunterschieden ursächlich verknüpft. So kritisiert Völcker den Anspruch der klassisch Gebildeten auf Herrschaft und macht ihren "abscheulichen Standes-Egoismus" verantwortlich für das Entstehen der "sozialen Frage". Entsprechend seine Reformstrategie: höhere Bewertung der Fachbildung und Egalisierung der finanziellen Mittel für berufsbildende und allgemeinbildende höhere Schulen. Auf diese Weise kann nach Völcker auch das Akademikerproletariat, das "die Führer der Unzufriedenen" liefere, abgebaut werden; G. Völcker 1891, S. 107. Zur "Klassenspaltung der Bildungsprozesse" vgl. auch H. Titze 1973, S. 197.

2) B. Schwalbe 1896, S. 28

so daß deren allgemeine Vermittlung auch zur rationellsten Form der Vermittlung und Aneignung wird. Vorher noch als "Spezial- und Banausenbildung" häufig abgelehnt ¹⁾, verwachsen solche Inhalte allmählich und mit gewissen "Reibungsverlusten" mit dem tradierten Allgemeinwissen zu einem neuen Niveau einer allgemeinen Bildung. Ein weiteres Reservoir, aus dem der allgemeinbildende Wissensfundus immer wieder aufgefüllt wird, ist der historisch ebenfalls variable Bestand an Ideologien, Wertmustern und Normen, welcher der Stabilisierung von Gruppen-, Klassen- oder Gesellschaftsstrukturen dienen soll. ²⁾

Eine solche Situation lag am Ende des 19. Jahrhunderts vor und wurde von aufmerksamen Pädagogen durchaus als solche wahrgenommen:

"Es gab eine Zeit, in welcher altsprachlich-historische Bildung thatsächlich mit Fug und Recht als Allgemeinbildung bezeichnet werden durfte, dagegen mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung als Berufsbildung. Diese Zeit ist vorüber, und man hat langsam, aber sicher erkannt, daß der Begriff der Allgemeinbildung eine Variable ist und keine Constante ... auf allen Anstalten (treten) die fremdsprachlichen Lehrgegenstände und die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer annähernd ins Gleichgewicht." ³⁾

-
- 1) vgl. die Diskussionen um die Einführung der Differential- und Integralrechnung in die höheren Schulen.
 - 2) Die historische und gesellschaftliche konnotative Variabilität eines Terminus wie Allgemeinbildung ist häufig in den Definitionen schon angedeutet oder ganz aufgehoben, so etwa in der Bestimmung Schwalbes, der unter "allgemeiner Bildung" die "Fähigkeit, unsere Culturentwicklung zu verstehen, und die Kenntnisse, welche erforderlich sind, um mit zu derselben beizutragen" zusammenfaßt (B. Schwalbe 1896, S. 28).
 - 3) A. Wernicke 1897, S. 238. Wernicke bezieht sich hier auf B. Schwalbe 1896.

Die Frage nach den Ursachen für diesen Prozeß läßt sich wiederum mit dem Hinweis auf die Vergesellschaftung der Wissenschaften angehen. In den verwissenschaftlichten gesellschaftlichen Sphären entstand ein höherer durchschnittlicher Qualifikationsbedarf an mathematisch-naturwissenschaftlichem Wissen, der partiell durch die höhere Schule gedeckt werden mußte, sowohl aufgrund ihrer gesellschaftlichen Funktion, die höhere Allgemeinbildung zu vermitteln, als auch aus bildungsökonomischen Gründen. 1)

Über die inhaltliche Neubestimmung der "höheren Allgemeinbildung" gingen die Ansichten der Reformer auseinander. Extreme "realistische" Positionen wurden formuliert, so von R. Virchow, der die "Trias Mathematik, Philosophie und Naturwissenschaft" zum neuen Kern der höheren Allgemeinbildung machen wollte. 2) Eine gemäßigte Richtung repräsentierte A. Wernicke 3). Da er zum einen für die Mehrheit der Reformer spricht, zum anderen in seiner Bestimmung gerade auch ideologische Komponenten deutlich aufscheinen, sei sie hier kurz referiert.

Wernicke siedelt höhere Allgemeinbildung überall dort an,

1) Eine Aufnahme dieser neuen Inhalte in den Lehrkanon der einzelnen Studienfächer hätte tendenziell zu verlängerten Studienzeiten und damit zu erheblichem finanziellen Mehraufwand für die Universitäten, Hoch- und Fachschulen geführt, zumal auch das berufliche Fachwissen stark expandierte. Die Tendenz zur Stoffkompression in der beruflichen Ausbildung konnte man in die höheren Schulen weiterleiten, da hier Freiräume durch das Tilgen "überlebter" Stoffgebiete geschaffen werden konnten (Vgl. die "Reinigung" der Mathematik-Lehrpläne von anachronistischen Inhalten im Jahr 1892).

2) Wernicke bezieht sich auf Virchows Rektoratsrede vom 15. 10. 1892.

3) vgl. H. Weinreich 1915, S. 4ff.

"wo sich fremdsprachliche und mathematisch-naturwissenschaftliche Bildungselemente auf der Grundlage culturgeschichtlicher Einsicht zu dem Ganzen einer religiös-ethischen Weltanschauung zusammenschließen." 1)

Unter die Fremdsprachen rechnet er die klassischen, aber auch die modernen Sprachen. Die verschiedenen Sprachen "färben" die Allgemeinbildung unterschiedlich ein: dies ergebe jedoch nur geringfügige, vernachlässigbare Modifikationen. Entscheidend ist, daß die Fremdsprachen, die Mathematik und die Naturwissenschaften als gleichrangige Bildungsmittel nebeneinander gestellt werden. Sie flankieren den Bildungs-"Kern" Religion, Deutsch und Geschichte, den Wernicke als einen "modernen Humanismus" christlicher und nationaler Prägung zum Mittelpunkt jeder Erziehung erklärt. Dabei legt er insbesondere größten Wert auf die Stärkung des Nationalbewußtseins. Angesichts der imperialistischen Expansionsbedürfnisse des nationalstaatlich organisierten Kapitals heißt es vom kosmopolitischen "Traum" Abschied zu nehmen und zu einem entschlossenen Nationalismus überzugehen:

"Zudem hat der Kampf um den Weltmarkt und die Reaction gegen gewisse internationale Bestrebungen das nationale Bewußtsein aller Orten gestärkt und man beginnt allmählich einzusehen, dass der Traum des Weltbürgerthums mit seinem Frieden nur verwirklicht werden kann in machtvollen nationalen Verbänden von einheitlichem politischen und wirtschaftlichen Gefüge. So ist es allgemeine Ueberzeugung geworden, dass jeder Mensch zunächst ein Mensch seines Volkes ist, und dass er in seinem Volksthume die starken Wurzeln seiner Kraft hat, auf denen er ruht, mag es der gewöhnlichen Arbeit des Lebens gelten, mag es sich um den Flug zum Ideale handeln." 2)

Da nun

"in allen Berufen ... selbstlose Persönlichkeiten von religiösem Empfinden und nationaler Prägung, welche ihre Zeit verstehen und darum für die Zukunft zu wirken wissen" 3)

1) A. Wernicke 1897, S. 240

2) A. Wernicke 1897, S. 239

3) ebd.

gebraucht werden, müssen auch Religion, Deutsch und Geschichte zum Kern der Allgemeinbildung gemacht werden. Mit solchen Forderungen affirmiert Wernicke die Zwecke der Herrschenden, wie sie sich z.B. im Erlaß des Kaisers von 1889 oder in der bekannten Eröffnungsrede Wilhelms II. zur Schulkonferenz von 1890 artikulierten.¹⁾ Die Betonung des Deutschen und der Geschichte hat auch im Mathematikunterricht ihre Spuren zurückgelassen. So empfahlen die Lehrpläne von 1901 den "mathematischen Aufsatz"²⁾; die Meraner Pläne rückten auf o I auch "historische Gesichtspunkte" in den Vordergrund.³⁾

Wernicke macht noch auf eine weitere Tendenz aufmerksam:

"Schon aber macht sich, bedingt durch den Kampf um den Weltmarkt, das Bestreben geltend, den Schulen für Allgemeinbildung einen Theil der Berufsbildung zu überweisen: man will das Gymnasium auf die Bahn der philologisch-historischen Fachschule drängen, die Oberrealschule zur mathematisch-naturwissenschaftlichen, bzw. technischen Fachschule machen und das Realgymnasium dem Kaufmannsstande überweisen, so dass jedenfalls in den oberen Klassen ein Misch-System von Allgemeinbildung und Berufsbildung zur Geltung käme." 4)

-
- 1) Im Erlaß von 1889 empfiehlt Wilhelm II. "zur Bekämpfung sozialistischer und kommunistischer Ideen durch die Schule" einen besseren Religionsunterricht, der die ethische Seite betont, und eine "vaterländische Geschichte", die die bestehenden Verhältnisse als die besten für den einzelnen und die Gesamtheit ausweist. 1890 beschwört Wilhelm die "nationale Basis" der Erziehung und rückt dementsprechend den Deutschunterricht in das Zentrum des Fächerkanons. "Wer selbst auf dem Gymnasium gewesen ist, ... der weiß, wo es da fehlt. Und da fehlt es vor allem an der nationalen Basis. Wir müssen als Grundlage für das Gymnasium das Deutsche nehmen ... Der deutsche Aufsatz muß der Mittelpunkt sein, um den sich alles dreht ..." (Verhandlungen 1891, S. 72). Zu den Ideologien im Kaiserreich vgl. auch B. Voigt 1973, S. 181ff., bes. auch S. 198ff.
 - 2) vgl. Centralblatt 1901, S. 526; M. Simon 1908, S. 48f.
 - 3) Eine umfassende Monographie zur Geschichte der Mathematik als Element des Mathematikunterrichts hat M. Gebhardt in der IMUK-Reihe veröffentlicht: 6 (1912).
 - 4) A. Wernicke 1897, S. 241

Der Trend zur Vorverlagerung der Berufsspezialisierung in die höheren Schulen - Wernicke führt ihn ohne argumentative Zwischenschritte auf die ökonomische und politische internationale Konkurrenz zurück - war konkret greifbar. An den sog. Reformschulen (vgl. S. 87) wurde sowohl eine vereinheitlichte höhere Allgemeinbildung (in Form des lateinlosen einheitlichen sechsklassigen Unterbaus) als auch eine berufspropädeutisch differenzierte Oberstufe (in Form einer humanistischen und realistischen Oberstufengabelung) experimentell erprobt. Einer berufspropädeutischen Oberstufenorientierung kam die Tatsache entgegen, daß die Lehrpläne für die Unter- und Mittelstufe der höheren Schulen ohnehin denjenigen eine abgeschlossene Allgemeinbildung verbürgen sollten, die nach der Untersekunda die Schule verließen, also vor allem hinreichend für den einjährigen freiwilligen Militärdienst qualifiziert sein mußten. Hatten hierauf die Lehrplanverfasser schon früher Rücksicht genommen, so versprachen die Meraner Pläne, eine abgeschlossene Allgemeinbildung nach U II zu liefern, und zwar sowohl für denjenigen, "der die Schule mit dem Einjährig-Freiwilligen-Zeugnis verläßt" ¹⁾, als auch für denjenigen, der in der Oberstufe eine spezifische wissenschaftspropädeutische Ausbildung als "brauchbare Grundlage" für die besonderen akademischen Berufe und Ämter erhält. Vielfach noch unter dem Etikett der Allgemeinbildung konnte hier die eigentliche Ämterqualifikation an der Hochschule partiell vorweggenommen werden. Daß solche Intentionen den Reformern des Mathematikunterrichts nicht fernlagen, ersieht man aus der Tatsache, daß sie einen Zweck der Unterrichtsreform darin sahen, die Kluft zwischen Schule und Hochschule zu verringern:

1) ZmnU 36 (1905), S. 545

"Die Diskontinuität, welche sich beim Übergang zu höheren Studien z.Z. vielfach geltend macht, wird wegfallen," 1)

wenn sich der Oberstufenunterricht in stärkerem Maße auf die wissenschaftliche Fachausbildung bezieht.

Zusammenfassung:

Der durch die Vergesellschaftung der Mathematik und der Naturwissenschaften gesetzte Neu- und Mehrbedarf an mathematisch-naturwissenschaftlich qualifizierten Arbeitskräften erforderte die Neu-Aufnahme bzw. Revision mathematisch-naturwissenschaftlicher Lehrinhalte in den Lehrplänen der höheren Schulen, insbesondere der Gymnasien. Dies war mit den tradierten Theorien der Formal- und Allgemeinbildung nur schwer vereinbar, da diese - zumindest argumentativ - mit "Klassischer Bildung" verknüpft waren. Die entstandenen Widersprüche wurden durch konnotative Reformulierung der bildungstheoretischen Termini bzw. durch Neudefinition des Bildungsauftrages der höheren Schulen (auch materialbildend, auch berufsvorbildend) tendenziell abgemildert. Mit dem Allerhöchsten Erlaß von 1900 wurde dann die Gleichwertigkeit der humanistischen und realistischen und damit auch im gewissen Sinne der formalen und materialen Bildung schulrechtlich kodifiziert. Eine breite bildungstheoretische Legitimationsbasis sicherte also den mathematischen und naturwissenschaftlichen Fachunterricht selbst in den Gymnasien ab; wer für besseren mathematischen und intensiveren und breiteren naturwissenschaftlichen Unterricht plädierte, hatte nicht mehr nur die faktischen gesellschaftliche Nachfrage auf seiner Seite, sondern konnte nach Belieben auch bildungstheoretische Gründe für sich reklamieren.

Von diesem bildungstheoretischen Hintergrund her konnte die Meraner Lehrplankommission folgende "allgemeine Leitsätze" formulieren:

1) ebd.

"L e i t s a t z 1: Die Kommission wünscht, daß auf den höheren Lehranstalten weder eine einseitig sprachlich-geschichtliche noch eine einseitig mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung gegeben werde.

L e i t s a t z 2: Die Kommission erkennt die Mathematik und die Naturwissenschaften als den Sprachen durchaus gleichwertige Bildungsmittel an und hält zugleich fest an dem Prinzip der spezifischen Allgemeinbildung der höheren Schulen.

L e i t s a t z 3: Die Kommission erklärt die t a t s ä c h l i c h e G l e i c h b e r e c h t i g u n g der höheren Schulen (Gymnasien, Realgymnasien, Oberrealschulen) für durchaus notwendig und wünscht deren vollständige Durchführung." 1)

7.3.4. Die Vermittlung mathematischer Einzelstoffe

Wir haben als ein in der Geschichte des Mathematikunterrichts neues und von den Meraner Reformern nachdrücklich betontes Ziel die Befähigung zu einem "mathematischen Umgang" mit den lebensweltlichen Problemen und Aufgaben herausgearbeitet. Dieses Ziel konnte - in einer von den Reformern selbst vorgeschlagenen präzisierten Form - auf die Vergesellschaftung der Wissenschaften bezogen und gedeutet werden. Dieses Ziel wie auch die anderen allgemeinen Bildungsziele legen nun nicht automatisch und mit Notwendigkeit die Mittel ihrer Realisierung fest. Sie sind zu meist so allgemein formuliert, daß sie erst dann in detaillierte Stoffpläne umgesetzt werden können, wenn die allgemeinen Bestimmungen selbst präzisiert und konkretisiert sind. Um bei obigem Bildungsziel zu bleiben: Klarheit über die auszuwählenden richtigen Mittel, die den "mathematisierenden Umgang" mit den Problemen der Arbeits- und Lebenswelt ermöglichen, liefert den Reformern erst die genaue inhaltliche Kenntnis der je historisch aktuellen Problem- und Aufgabenstellungen.

Umgekehrt: Wenn wir einen bestimmten Stoffplan, d.h. die je spezifische Auswahl von Lehrinhalten deuten wollen, reicht es nicht aus, diese als mögliche, d.h. der Strin-

1) ZmnU 36 (1905), S. 536/7

genz des Lehrplangebäudes nicht widersprechende Mittel auszuweisen. Vielmehr müssen darüber hinaus sozioökonomische Argumentationsstränge, inhaltlich entsprechend aufgefüllt, hinzugezogen werden, um die je besondere Stoffauswahl verstehbar zu machen. Dies soll im folgenden geschehen.

7.3.4.1. Graphische Darstellung und konstruktives Zeichnen

Das mathematische Zeichnen und Konstruieren ist im Lehrplankontext als Realisation der Forderung nach Stärkung des räumlichen Anschauungsvermögens zu sehen.

Zwar wurde es schon in den Lehrplänen von 1901 gefordert:

"Auf allen Anstalten ist schon von III ab der Übung im Konstruieren die sorgfältigste Pflege zu widmen; sie muß bis in die oberste Klasse neben den dort behandelten Gebieten fortgesetzt werden." 1)

Doch während hier die Konstruktionsaufgaben eher als "Appendices" an das Stoffpensum jeder Klasse angehängt sind, werden graphische Darstellungen und Konstruktionsbezeichnungen in den Meraner Plänen umfassend eingesetzt, sei es nun als

- Veranschaulichungsmodell für mathematische Sachverhalte,
- heuristisches Instrument für weitere Theoriebildung,
- Beweismittel oder als
- eigenständiger, der rechnerischen Lösung gleichgestellter Lösungswege.

Wie die genaue Analyse zeigt, ist hier zum ersten Male das zeichnerisch-konstruktive Prinzip mit dem Stoff vollständig verschmolzen:

Klasse V: Für die propädeutische Raumlehre wird - pointierter und um ein Jahr früher als in den Lehrplänen von 1901 - "beständiges Zeichnen und Messen" empfohlen.

1) Centralblatt 1901, S. 472

- IV: Die Raumlehre soll jeweils "ausgehend von der Konstruktion der Gebilde" betrieben werden (1901 erst in U III).
- U III: In der Arithmetik soll die Zahlengerade zur Veranschaulichung benutzt werden. Für die Raumlehre werden "Konstruktionen im engen Anschluß an den Lehrgang" empfohlen. (1901 hieß es schlicht: "Konstruktionsübungen")
- O III: Es wird vorgeschlagen, die neu eingeführten linearen Funktionen graphisch darzustellen, um sie zu veranschaulichen, aber auch um Gleichungen aufzulösen (neu gegenüber 1901).
- U II: In der Arithmetik wird die graphische Darstellung quadratischer Funktionen benutzt, um Aufgaben zweiten Grades mit einer Unbekannten zu lösen und um "empirisch gefundene Zusammenhänge", also durch Tabellen mit empirischen Daten gegebene Funktionen zu veranschaulichen (neu). Die Raumlehre soll die Trigonometrie vorbereiten, indem sie praktischen Aufgaben zeichnend und messend, am "Meßtisch", löst (neu gegenüber 1901).
- O II: In der Arithmetik ist die graphische Darstellung der Exponentialfunktion und der Logarithmusfunktion, sowie neben der rechnerischen - die graphische Lösung quadratischer Gleichungen mit zwei Unbekannten vorgesehen (neu). In der Raumlehre sollen die trigonometrischen Funktionen graphisch dargestellt und entsprechende Aufgaben auch konstruktiv gelöst werden (neu).
- U I: Die Stereometrie mit Übungen im stereometrischen Zeichnen führt über zur Darstellenden Geometrie ("Projektionslehre"). Es schließt sich die mathematische Geographie an, im wesentlich geodätisches Zeichnen "einschließlich der Lehre von den Kartenprojektionen" (letzteres neu).
- O I: Bei der synthetischen Behandlung der Kegelschnitte empfehlen die methodischen Bemerkungen wiederum "viele Zeichnen". Die größeren, umfassenderen Übungsaufgaben zur gesamten Stoffwiederholung sind immer auch zeichnerisch zu lösen (im Detail neu, doch wollten auch die Pläne von 1901 dem "Übelstande" rein rechnerischen Charakters des Oberstufenunterrichts durch zeichnerisch-konstruktive Übungen abhelfen). Auch die Abituraufgaben sollen der neuen Entwicklung angepaßt werden: Zur vollständigen Lösung einer Aufgabe gehört demnach immer auch eine zeichnerische Bearbeitung.

Um die neue Relevanz des graphisch-darstellenden und konstruktiv-zeichnerischen Moments in den Meraner Lehrplänen zu deuten, greifen wir wiederum auf die Entwicklung der Arbeitsplatzstruktur in der Phase vergesellschafteter Wissenschaften zurück. Nicht zufällig begann die Diskussion um die Integration der "Graphik" in den Mathematikunterricht in den sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts.¹⁾ Damals nämlich überlagerte sich dem die Wissenschaftsentwicklung im 19. Jahrhundert kennzeichnenden Mathematisierungsprozeß (vgl. Kap. 3) der Ausbau der ersten wissenschaftsintensiven industriellen Branchen. Alle Wissenschaften, die über die Geometrie ihren mathematischen Charakter erhalten hatten, wie etwa die Optik, die Stereochemie oder die Geodäsie, setzten fundierte zeichnerisch-konstruktive Fähigkeiten bei den Wissenschaftlern voraus, das gleiche gilt für die in den hierauf aufbauenden Industriebranchen beschäftigten Wissenschaftler und Technologen. Insbesondere die Maschinenbauindustrie hatte einen hohen Bedarf an Konstruktions- und Zeichenarbeit.²⁾ So waren Projektierungs- und Konstruktionsarbeiten vor allem in jenen Zweigen des Maschinenbaus wichtig und umfangreich, die wenig standardisierte Massenprodukte herstellten, z.B. "schlüsselfertige" vollständige große Einzelanlagen, wie Hochöfen und Stahlwerke, Hammer- und Walzwerkanlagen. Hinzu kam das in Deutschland besonders ausgeprägte Prinzip der Kundenproduktion³⁾, das den Wert zeichnerisch-kon-

1) vgl. Schimmack 1911a, S. 23ff

2) vgl. hierzu C. Matschoß 1919, S. 225ff.

3) Matschoß führt den "riesigen Umfang", den die Konstruktionsarbeit in den deutschen Maschinenbaubranchen einnahm, darauf zurück, "daß gerade der deutsche Maschinenbau im Vergleich zum amerikanischen in der Rücksichtnahme auf besondere Wünsche der Auftraggeber und auf

struktiver Fähigkeiten besonders hoch hielt. In dem "Heer der Konstrukteure" mußten insbesondere die leitenden Konstrukteure umfassend ausgebildet sein.¹⁾

Aber auch alle Wissenschaften und wissenschaftsnahen produktiven und reproduktiven Bereiche, die inhaltliche Zusammenhänge mit Hilfe mathematischer Funktionen beschreiben, sind auf graphische Darstellungsmethoden angewiesen, so z.B. die Physik und die sie benutzenden Sektoren (z.B. die Elektrotechnik oder die Medizin).

Auch für den stark expandierenden Bausektor oder die militärischen Disziplinen wurden zeichnerisch-konstruktive Qualifikationen in hohem Umfang nachgefragt.

Eine Bestätigung unserer These, daß mathematisches Zeichnen und Konstruieren aufgrund ihrer neuen Bedeutung als Berufstechniken in die Lehrpläne seit der Jahrhundertwende aufgenommen werden, liefert nicht nur der Unterrichtsminister v. Studt persönlich, der in seiner Vorrede zu den

die naheliegenden Wünsche der Konstrukteure, ihre eigenen Ideen auch in konstruktiven Einzelheiten zum Ausdruck zu bringen, zu weit gegangen ist". (a.a.O., S. 255) Eine Folge dieser Vielfalt produzierter Maschinen und Maschinenteile war "das größte Interesse an der gesunden Weiterentwicklung der Normalisierungsbestrebungen" (ebd.), die über die Vereinheitlichung der Maschinenelemente zu einer Verringerung der Zeichenarbeit in den Konstruktionsbüros und zur Verbilligung der Massenfertigung führen sollte.

- 2) Sie mußten in der Lage sein, "die Bedürfnisse der Kundschaft kennen zu lernen, und die vielseitigen großen Schwierigkeiten, die von der Fertigstellung einer neuen Konstruktion am Zeichentisch bis zu betriebssicheren und wirtschaftlich arbeitenden Ausführung liegen, zu überwinden." (Matschoß 1919, S. 253f.). Vgl. auch G. Güntheroth (Hrsg.) 1972, S. 18f.

Lehrplänen von 1901 die berufspropädeutische Funktion des Zeichnens hervorhebt:

"Auch wird den Direktoren der Gymnasien immer wieder nahe zu legen sein, wie sie verpflichtet sind, dahin zu wirken, daß namentlich diejenigen Schüler, welche sich der Technik, den Naturwissenschaften, der Mathematik oder der Medizin zu widmen gedenken, von wahlfreien Zeichenunterricht (in den Lehrplänen vorgesehen für V bis O III, H.I) fleißig Gebrauch machen." 1)

Auch die inhaltlichen Argumente der mathematisch-naturwissenschaftlichen, der technischen und medizinischen Intelligenz zur Reform des mathematischen Unterrichts belegen ihr großes Interesse an einer wissenschafts- und berufspropädeutischen Ausbildung im mathematischen Zeichnen durch den Mathematikunterricht an den höheren Schulen.

7.3.4.2. Die Funktion

Zum ersten Male in der Lehrplangeschichte wird die Funktion in den Mathematiklehrstoff der Gymnasien aufgenommen und gleich derart extensiv im arithmetischen und geometrischen Unterricht behandelt, daß die Reformer zutreffend von einer "Fermentierung" des Mathematikunterrichts mit dem funktionalen Prinzip sprechen. Während der Funktionsbegriff nur "verstohlen" (Schimmack) Eingang in Lehrpläne von 1901 fand ²⁾, wird die Funktion - man verstand damals unter diesem Begriff die algebraisch formulierte Abhängigkeit veränderlicher Größen - in den Meraner Plänen zum Hauptgegenstand des Unterrichts ab der Mittelstufe, nach-

1) Centralblatt 1901, S. 472

2) In den methodischen Bemerkungen heißt es: "Dabei wird sich die Gelegenheit bieten, den Schülern ein eingehendes Verständnis des Funktionsbegriffs, mit dem sie schon auf früheren Stufen bekannt geworden sind (dies wird schlicht unterstellt, H.I.), zu erschließen." (Centralblatt 1901, S. 529)

dem sie bereits auf der Quarta vorbereitet ist. 1)

Im einzelnen:

- U III: Algebraische Ausdrücke sollen unter "steter Betonung des funktionalen Charakters der auftretenden Größenveränderungen" behandelt werden; in der Kreislehre soll der Einfluß, "den die Größen- und Lagenveränderung einzelner Stücke auf den Gesamtcharakter der Figur ausübt", immer mitreflektiert werden.
- O III: Die lineare Funktion wird explizit eingeführt; der Terminus "Variable" wird benutzt;
- U II: Entsprechendes für Funktionen 2. Grades. Hier werden auch empirische Funktionen, d.h. durch Tabellen gegebene Funktionen 2), behandelt. Im geometrischen Unterricht wird die Trigonometrie vorbereitet durch das Studium der funktionalen Abhängigkeiten von Seiten- und Winkelwerten beim Dreieck.
- Oberstufe: Im Rechenunterricht werden Exponential- und Logarithmusfunktionen eingeführt, quadratische Gleichungen mit zwei Unbekannten auch graphisch, d.h. mithilfe von Funktionsgraphen, gelöst. Schließlich werden alle bis dahin aufgetretenen Funktionen "in ihrem Gesamtverlauf nach Steigen und Fallen" im Überblick behandelt. Die Verwendung der Infinitesimalrechnung bleibt dem Lehrer freigestellt. Im Geometrieunterricht werden goniometrische Funktionen und schließlich in der analytischen Geometrie auch Kegelschnitte behandelt.

-
- 1) "Auf diese Weise bleibt Zeit, den Hauptteil der Arbeit auf die Erziehung zum funktionalen Denken zu verwenden, das bereits durch die propädeutische Behandlung der Arithmetik am Schluß des Quartaunterrichtes insofern vorbereitet ist, als dort die Änderung der algebraischen Ausdrücke, durch Einsetzen verschiedener Werte für die einzelnen in ihnen auftretenden Größen, ganz von selbst sich geltend macht." (ZmnU 36 (1905), S. 551 (Meth. Bem.))
 - 2) z.B. Veränderung von Preisen in Abhängigkeit zur Zeit, Ein- und Ausfuhr von Waren in Abhängigkeit von der Zeit; vgl. J. Tannery 1909, S. 180.

Die Funktion ist damit in den Kanon mathematischer Wissenschaftspropädeutika am Gymnasium aufgenommen worden. Dieses Faktum zu deuten fällt nicht schwer, zumal wir schon im Zusammenhang mit dem neuen Prinzip des funktionalen Denkens darauf hingewiesen haben, daß die Funktion zum Fundamentalbegriff in den mathematisierten Wissenschaften geworden ist. Auch den Mathematikdidaktikern war dieser gesellschaftliche Bezug klar:

"Das einfachste Naturgesetz, und wäre es nur die Formel $s = c \cdot t$, verlangt zu seinem Verständnis den Funktionsbegriff, den die Math. (!) liefern muß. 1)",

und die reformaktiven Gruppen wurden nicht müde, die Behandlung der Elemente der Funktionenlehre im gymnasialen Unterricht als gesellschaftliches Erfordernis darzustellen. 2)

7.3.4.3. "Das Wiederhervorkommen der Anwendung" (Lorey) 3)

Überlegungen, auf welche Art und in welchem Umfang der Mathematikunterricht unmittelbar auf die Lebens- und Berufspraxis bezogen werden könne, waren schon vor 1890 angestellt worden. 4) Sie intensivierten sich in den neunziger Jahren, vor allem im Zusammenhang mit der sog.

1) M. Simon 1908, S. 43 (Hervorhebung vom Autor)

2) vgl. etwa F. v. Müller 1911, S. 236

3) Diese etwas künstliche Formulierung spielt darauf an, daß ein anwendungsbezogener Mathematikunterricht auf den Schulen und Hochschulen noch im 18. Jahrhundert die Regel war.

4) vgl. W. Lietzmann 1910, S. 96

Ingenieurbewegung (vgl. S. 110ff.)¹⁾. In der Prüfungsordnung von 1898 erhielten die Lehrer an höheren Schulen die Möglichkeit, sich auch in der Angewandten Mathematik ausbilden zu lassen, eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung mathematischer Lehrsätze auf "die Verhältnisse des praktischen Lebens", die in den Lehrplänen von 1901 gefordert wurde. Hier wurde auch empfohlen, den Mathematik- und Physikunterricht in der Oberstufe vom gleichen Lehrer erteilen zu lassen, um so eine enge Verbindung von mathematischer Theorie und physikalischer Theorie und Praxis zu garantieren. Doch erst die Meraner Pläne machen die Praxis endgültig zu einem wichtigen Bezugs-, Kontroll- und Zielpunkt für den mathematischen Unterricht. Dabei zeichnen sich deutlich zwei Tendenzen ab: Es werden mehr Anwendungsbeispiele herangezogen und "moderne", d.h. je aktuelle Anwendungsbereiche ausgewählt. Die bis dahin üblichen Beispiele, triviale, "gekünstelte" und auf eine anachronistisch gewordene Praxis bezogene Aufgaben²⁾,

-
- 1) vgl. P. Bode 1911, S. 6ff; F. Klein 1902, S. 261ff. Die Diskussion wurde im wesentlichen darum geführt, in welchem Verhältnis anwendungsbezogene bzw. rein wissenschaftliche Mathematik unterrichtet werden sollte. W. Lietzmann charakterisierte die Situation treffend: "Dem Vorwurf, 'die angewandte Mathematik opfere die wissenschaftliche Strenge für das Linsengericht der praktischen Anwendung' begegnete man mit dem nicht weniger scharfen Einwand 'Die reine Mathematik opfere die Übereinstimmung mit der Wirklichkeit für das Linsengericht der formalen Methode'." (W. Lietzmann 1910, S. 96)
- 2) Diesen Zustand beschreibt anschaulich W. Lietzmann: "Gewiß, es gab die Rechenaufgaben, aber sie bewegten sich in der Atmosphäre des Kleinkramhändlers und im Bereiche dessen, was schon die alten Rechenmeister aus einer Scheinwelt abstrahierten. Mit dem wirklichen Leben unserer Tage hatte das wenig zu tun. Und es gab die 'eingekleideten' Gleichungen; wirklich waren auch sie nur Scheinproblem, darunter manchmal ganz amüsante, die sich von den Zeiten der Ägypter, Inder, Araber bis in unsere Zeit fortgeerbt hatten. Es gab die Konstruktionsaufgaben aus unzweckmäßigen Stücken ohne jede praktische Bedeutung. Nur die Trigonometrie machte eine Ausnahme und vielleicht die Zinseszins- und Rentenrechnung. So blieb das Leben draußen ..." (W. Lietzmann 1949, S. 91).

sollen nun ersetzt werden durch lebensnahe, praktisch-sinnvolle und nicht allzu komplizierte Problemstellungen. Dabei lassen sich grob zwei Problemkomplexe unterscheiden:

1. die natur- und technikwissenschaftlichen Bereiche, die auch aus dem Lehrstoff anderer Unterrichtsfächer, z.B. der Physik oder Geographie, entnommen sein können; im Meraner Lehrplan fallen hierunter die Anwendung der Funktionslehre auf zahlreiche "Beispiele aus der Geometrie und der Physik, insbesondere der Mechanik" (UI), die Anwendung stereometrischer und trigonometrischer Sätze auf die mathematische Geographie (UI) und die Anwendung der Kegelschnittlehre auf die Astronomie (OI).
2. allgemeinere berufs- und lebensweltliche Bereiche, deren mathematisches Substrat früher als "politische Arithmetik" (vgl. S. 54ff.) bezeichnet worden ist. Zur Einübung in die politische Arithmetik schlagen die Reformer in den Meraner Plänen vor:

VI und VI: Hier soll die routinierte quantitativ-metrische Handhabung von Waren- und Geldquanta, die für jedes Individuum in einer entfalteten Tauschgesellschaft unerlässlich ist, eingeübt werden. Dieser durchaus traditionelle Lehrstoff wird um die Kenntnis ausländischer Gewichte und Münzen erweitert, die für den nun in einem internationalen Rahmen stattfindenden Handel und Verkehr sehr nützlich sind. ¹⁾

1) Die regional unterschiedlichen Währungs-, Gewichts- und Maßsysteme mußten zunächst im nationalen Rahmen vereinheitlicht werden. Die seit 1868 bestehende Kaiserliche Normal-Eichungs-Kommission führte seit der Gründung des Deutschen Reiches auch die Vereinheitlichung, Standardisierung und den Anschluß an internationale Maß-, Geld- und Gewichtssysteme durch. Sie schuf damit eine äußerst wichtige Rahmenbedingung für die Nationalisierung und Internationalisierung der Waren- und Geldzirkulation. Auch die staatlichen Erlasse, wie die normierten Bezeichnungen für praktisch wichtige metrische Systeme korrekt zu verwenden seien, häuften sich im Deutschen Reich. Die Arbeit der Normal-Eichungs-Kommission beschreibt Plato 1919, S. 97 - 123.

- IV: Es sollen "Aufgaben aus dem bürgerlichen Leben, insbesondere einfache Fälle der Prozent-, (Zins-, Rabatt-)Rechnung" gerechnet werden.
- U III: Die negativen Zahlen werden "an praktischen Beispielen", traditionell: Geldschulden, eingeführt.
- O II: Die geometrischen Reihen sollen "in einfachsten, der Wirklichkeit entnommenen Aufgaben" auf Zinsseszins- und Rentenrechnung angewandt werden.
- U I: Hier soll die Kombinatorik mit vielen Übungsbeispielen abgehandelt werden; wie aus der übrigen mathematikdidaktischen Literatur hervorgeht, reichen die Anwendungen bis zu Aufgaben aus dem Versicherungswesen. ¹⁾

Die Absicht, mit der die Praxis in den Unterricht zurückgeholt wurde, ist unschwer zu deuten, machen doch schon das übergeordnete Lehrplanziel, die mathematische Betrachtung der Erscheinungswelt, ebenso wie die oben aufgeführten konkreten Inhalte der Anwendungen auf die Ziele aufmerksam. Zum einen soll die Fähigkeit eingeübt werden, mathematische Termini, Sätze und Theoriestücke auf praktische Probleme anzuwenden, d.h. diese mathematisch zu reformulieren und mit Hilfe mathematischer Methoden zu lösen. Der mathematische "Kern" jeder umgangssprachlich formulierten Aufgabenstellung soll dem Schüler sofort zugänglich sein, was voraussetzt, daß er über das mathematische Instrumentarium souverän verfügen kann.

Zum andern aber kann auf diesem Wege dem Schüler auch ein eindrucksvolles Bild von der praktischen Leistungsfähigkeit und Reichweite des theoretischen mathematischen Instrumentariums vermittelt werden. Sein Vertrauen zu mathematischen Methoden im Umgang mit der Natur und der Gesellschaft kann gestärkt werden. Gerade diese Erwartung leitet zu einem dritten Aspekt über:

Die Reformer erhofften sich von diesem Unterricht keinesfalls nur materielle Sachkenntnisse und gesellschaftlich relevante Techniken, sondern auch einen

1) vgl. G. Bohlmann 1900; K. Thiemeyer 1902; M. Simon 1908, S. 101

"wertvolle(n) Beitrag zur staatsbürgerlichen Erziehung". 1)

Hier - so ihr Wunsch - eröffnen sich die gesellschaftlichen Verhältnisse dem Schüler über einen quantifizierend-mathematisierenden Zugriff; er lernt begreifen, daß selbst dort, wo scheinbar der Zufall herrscht, "objektive", d.h. mathematisch formulierbare Gesetze walten. Er lernt weiter, die Tatsachen von den Utopien zu unterscheiden, und letztlich, sich in das Unvermeidbare, objektiv Gegebene zu fügen.

Die politische Arithmetik insbesondere soll, der Intention der Reformer entsprechend, einen Beitrag erbringen zum allgemeinen Programm

"volkswirtschaftlicher und sozialpolitischer Belehrungen" 2)

im Unterricht. 3)

1) so v. Lilienthal auf der 20. Hauptversammlung des Fördervereines 1911 (vgl. ZmnU 42 (1911), S. 510).

2) vgl. G. Völcker 1891, S. 63

3) Aufgaben wie die folgenden, häufig anzutreffen in den Aufgabensammlungen, lösen diese Forderung ein:
"Bei einer Reichstagswahl wurde in einem Wahlkreise der Sozialdemokrat gewählt, da er eine Stimme mehr hatte, als die Hälfte der Anzahl aller abgegebenen Stimmen. Die bürgerlichen Parteien waren sich nicht einig gewesen, indem außer dem konservativen Kandidaten noch ein nationalliberaler Kandidat aufgestellt war, der den zwölften Teil aller Stimmen auf sich vereinte und 3999 Stimmen weniger erhielt, als der konservative. Wieviel Stimmen wurden insgesamt abgegeben?"
"In einer Gesellschaft wurde im Jahre 1904 für die im Kriege mit den Hereros verwundeten Krieger gesammelt. Gab jeder 5 Mark, so fehlten 10 Mark an der runden Summe, die man an das Hilfs-Komitee gern senden wollte. Gab aber jeder 5 Mark 50 Pfennige, so kamen 9 Mark mehr zusammen, als die beabsichtigte runde Summe betrug. Aus wieviel Personen bestand die Gesellschaft, und wieviel Mark hatte man zu stiften beabsichtigt?" (aus: H. Schubert 1905, S. 52f.)

7.3.4.4. Differential- und Integralrechnung

Um die Einführung der Infinitesimalrechnung in den gymnasialen Mathematikunterricht wurden heftige Diskussionen geführt. ¹⁾ Zwar war die systematische Bedeutung der Infinitesimalrechnung für den Umgang mit Funktionen unbestritten; zwar betonten die Reformer auch einhellig den bildenden Wert von Grenzbetrachtungen ²⁾; doch an der wichtigsten Grenzbetrachtung, nämlich derjenigen, die zum Differential- und Integralquotienten hinführt, schieden sich die Geister. Nicht einmal im Meraner Reform-Gremium konnte ein Konsens darüber hergestellt werden, ob sie in den Oberstufenunterricht eingeführt werden sollte,

"weil über die Art und Weise, wie sie zu geschehen hat, die Meinungen in Lehrerkreisen noch zu wenig geklärt sind." ³⁾

- 1) Die Differential- und Integralrechnung war schon im 19. Jahrhundert manchmal Bestandteil des Lehrplans, so z.B. in Herbarts Pädagogium. 1882 wurde sie aus dem Lehrplan des Realgymnasiums, 1892 aus dem der OR mit Rücksicht auf deren allgemeinbildenden Zweck gestrichen. Dennoch wurde sie an manchen Schulen stillschweigend weiterhin behandelt, etwa unter dem Etikett der "niedren Analysis", in der Physik, oder aber unter dem Namen "Schellbachsche Methode" als spezielles Verfahren der Maxima- und Minima-Bestimmung; vgl. P. Bode 1911, S. 49ff. Auf der Juni-Konferenz von 1900 forderte F. Klein die Aufnahme der Elemente der Differential- und Integralrechnung in den gymnasialen Mathematikunterricht und regte damit die Diskussion neu an; vgl. Verhandlungen 1901, S. 154. Sie wurde besonders intensiv im Förderverein geführt; vgl. ZmnU 35 (1904), S. 443 - 448.
- 2) So konstatieren die methodischen Bemerkungen zu den Meraner Plänen, daß "ein vorzügliches Mittel zur Schulung des logischen Denkens ... die Herausarbeitung des Grenzbegriffes" sei (ZmnU 36 (1905), S. 551).
- 3) ZmnU 36 (1905), S. 552

Da gerade an diesen Auseinandersetzungen deutlich wird, wie außerschulische Zwecksetzungen an bildungstheoretischen Traditionen gebrochen werden, ehe sie - mehr oder weniger modifiziert - in den Lehrplan eingehen, und da dieses Thema einen großen Teil der Reformdebatte einnahm, sollen die verschiedenen kontroversen Standpunkte hier kurz referiert werden. Die Befürworter der Differential- und Integralrechnung verwiesen hauptsächlich auf deren Unentbehrlichkeit in zahlreichen Wissenschaften und verwissenschaftlichten Produktionssphären. Da die Infinitesimalrechnung inzwischen gleichsam zur mathematischen Allgemeinbildung gehöre, müßten ihre "Anfänge" auch in die gymnasiale Wissenschaftspropädeutik aufgenommen werden. ¹⁾ Dem wurde entgegengehalten, daß es sich hier um berufsvorbildendes Detailwissen handle, dessen Vermittlung nicht im Einklang mit dem allgemeinbildenden Auftrag der höheren Schulen stünde, ja, diese zu Fachschulen degradiere. ²⁾ Die Gymnasien sollten sich auf die Elementarmathematik ³⁾ beschränken und vor allem die Infinitesimalrechnung der Phase eigentlicher Berufsausbildung an den Hochschulen überlassen. ⁴⁾ Diese Argumentation stand auf schwachen Füßen, reklamierte sie doch einen Bildungsbegriff für sich, der - wie

1) Diese Position vertrat F. Klein; vgl. auch E. Götting 1902, S. 193; A. Schülke 1909, S. 65ff.; P. Bode 1911, S. 49; R. Schimmack 1911a, S. 27ff.

2) vgl. P. Bode 1911, S. 64

3) Unter der Elementarmathematik verstand man eine streng wissenschaftliche Darstellung der Mathematik bis hin zu Höheren Analysis. Höfler nennt als Beispiele für elementarmathematische Werke Euklids Elemente, Eulers Algebra, Baltzers Elemente der Mathematik und die Enzyklopädie der Elementarmathematik von Weber-Wellstein. (A. Höfler 1910, S. 11; H. Weber 1903, S. 293 - 297)

4) vgl. Holzmüller 1903, S. 537 - 544

ausgeführt - anachronistisch geworden war und neu "realistisch" überarbeitet wurde, um gerade auch die Vermittlung neuen berufsnotwendigen Wissens als "allgemeinbildend" zu legitimieren.

Ein weiterer Streitpunkt war, ob es notwendig und möglich sei, die Infinitesimalrechnung auch streng wissenschaftlich in der Schule vorzutragen. Kam es der Gruppe, die für das umstrittene Stoffgebiet eintrat, weniger auf die wissenschaftliche Unanfechtbarkeit an, als vielmehr auf "Klarheit und Anschaulichkeit" ¹⁾, auf technisches Beherrschen der wichtigsten Differentiations- und Integrationsmethoden und auf sicheres Anwenden in praktischen Kontexten ²⁾, so sah die Gegenseite gerade darin den Ansatzpunkt für Unwissenschaftlichkeit und wissenschaftliche "Unehrlichkeit", zumal es in den höheren Schulen an entsprechend vorgebildeten und zuverlässigen Lehrern fehle. ³⁾ Daß dieses Argument in der Hauptsache von Hochschul-Lehrern vorgebracht wurde, läßt vermuten, daß nicht nur ernsthafte sachbezogene Besorgnis sich hier artikuliert, sondern auch eine gewisse berufliche Konkurrenz, sollte doch ein umfangreiches Gebiet aus den universitären Anfängervorlesungen ausgegliedert und von - wie es schien - hier wenig kompetenten Schulmeistern unterrichtet werden. ⁴⁾

1) E. Mach, zit. nach A. Schülke 1909, S. 71

2) vgl. A. Richter 1913, S. 384ff. Richter bestimmt als Ziel "nicht eigentlich wissenschaftliche Grundlegung, sondern nur die Begründung und Einübung der wichtigsten Differentiations- und Integrationsmethoden und die Veranschaulichung der Bedeutung dieser Wissenschaft durch Anwendungen."

3) vgl. A. Schülke 1909, S. 65f.; A. Rohrberg 1910, S. 95ff.

4) Auch materielle Gründe mögen eine Rolle gespielt haben, da eine Auslagerung der Infinitesimalrechnung in die höheren Schulen möglicherweise auch die Hörgelder reduziert haben würde; vgl. H. Behnke 1972, S. 148.

Schließlich wurden das Für und das Wider auch entwicklungspsychologisch diskutiert. Der These, daß die Infinitesimalrechnung durchaus von den älteren Schülern in den Oberklassen bewältigt werden könne ¹⁾, wurde die Behauptung entgegengehalten, dieses Gebiet übersteige bei weitem "die Fassungskraft der Schüler", die doch "durchschnittlich viel begrenzter ist als gewöhnlich angenommen wird." ²⁾ Anknüpfend an die Überbürdungsklagen im ausgehenden 19. Jahrhundert warnten die Gegner vor "eine(r) unerträgliche(n) Überlastung" ³⁾ der Schüler.

Es würde nun zu weit führen, die ablehnende Haltung einiger Reformer gegenüber einer gymnasialen Infinitesimalrechnung detailliert zu untersuchen, zumal ihre bildungstheoretischen, fachwissenschaftlichen und entwicklungspsychologischen Argumente langfristig ohnehin dem Druck "objektiver gesellschaftlicher Notwendigkeiten" nicht standhalten konnten.

Die Meraner Kommission hatte sich zwar auf die Einführung der Differential- und Integralrechnung in den gymnasialen Oberstufenunterricht nicht einigen können, hatte aber über das Postulat einer größeren Freiheit des Lehrers auf der Oberstufe ⁴⁾ allen Lehrern ermöglicht, sich

-
- 1) "Die schwierigsten Begriffe der Menschheit, Gott, Freiheit, Unsterblichkeit, tragische Schuld und Sühne werden erörtert ... aber wenn diese Begriffe doch bis zu einem gewissen Grad verständlich gemacht werden können, so muß dies auch für den Differentialquotienten gelten." (A. Schülke 1906, S. 167)
 - 2) Verhandlungen 1901, S. 374
 - 3) ebd.
 - 4) Schon 1891 forderte der Förderverein: "Hinsichtlich der Auswahl des Lehrstoffes im einzelnen ist dem Lehrer namentlich auf der obersten Klassenstufe eine angemessene Freiheit zu gewähren." (zit. n. H. Weinreich 1915, S. 17); vgl. auch ZmnU 36 (1905), S. 537f. und 544; R. Schimmack 1911a, S. 79.

individuell für die Infinitesimalrechnung zu entscheiden. Auf diesem Umweg wurden die elementaren infinitesimalen Grundbegriffe und Methoden in die höheren Schulen eingeführt, wie eine Enquête zeigte, die W. Lietzmann für die Versammlung der IMUK 1914 angefertigt hatte. Auf die Frage nach dem Umfang infinitesimaler Betrachtungsweisen im Unterricht wurde geantwortet:

"In Preußen ist gegenwärtig die Infinitesimalrechnung noch nicht lehrplanmäßig eingeführt. Der tatsächliche Bestand ist aber der, daß die Infinitesimalrechnung ausgesprochenermaßen an fast allen Oberrealschulen, an sehr vielen Realgymnasien und an einer größeren Anzahl von Gymnasien betrieben wird. (Vgl. hierzu Band I, Heft 2 der deutschen IMUK-Abhandlungen; dazu ist jedoch zu bemerken, daß inzwischen die Zahl der Infinitesimalrechnung treibenden Anstalten erheblich gestiegen ist.)" 1)

Und in einer Gesamteinschätzung wird resümiert:

"Man ist in den beteiligten Kreisen mit den Ergebnissen der Einführung der Infinitesimalrechnung durchaus zufrieden und empfindet sie überall da, wo praktische Versuche gemacht sind, als einen Fortschritt... Die Vertreter der Mathematik an den Universitäten stimmen der Einführung der Infinitesimalrechnung nicht durchweg zu, doch ist die Zahl derer, die sich gänzlich ablehnend verhalten, nicht sehr groß." 2)

Am Ende der Reform sind die Diskussionen nahezu vergessen. Die "Forderungen der Zeit" haben gesiegt: Die Differential- und Integralrechnung, die in allen wissenschaftlichen und technologischen Bereichen, in denen mit mathematischen Funktionen gearbeitet wurde, unerlässlich und sehr produktiv einsetzbar war, durch die

"... die Leistungsfähigkeit der Mathematik in ähnlicher Weise erhöht (wurde) wie die Sehkraft des Auges durch Mikroskop und Fernrohr" 3) -

sie konnte der schulischen Wissenschaftspropädeutik nicht länger vorenthalten werden.

1) W. Lietzmann 1914a, S. 146

2) a.a.O., S. 158

3) A. Schülke 1911, S. 209

1914 kann H. E. Timerding bereits feststellen:

"Die Behandlung der Infinitesimalrechnung auf der Schule wird geradezu als das Kennzeichen der Reformbewegung angesehen." 1)

7.3.4.5. Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitstheorie

"Ein Kapitel der Arith. (!), das nirgends fehlen darf, ist die Wahrscheinlichkeitsrechnung." 2)

Dieses Urteil begründet M. Simon einerseits mit ihrer instrumentellen Bedeutung für die angewandte Mathematik, die Fehlerbestimmung der Meßinstrumente des Geometers, Physikers und Astronomen, für die Statistik und die Nationalökonomie, einschließlich der Versicherungsmathematik, andererseits mit dem außerordentlich hohen ethischen Wert dieser Wissenschaft, der es gelungen sei,

"dem Zufall selbst Gesetze abzulauschen" (Schellbach).

Die gesellschaftliche Relevanz von Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitstheorie ³⁾ spiegelt sich in der Lehrplanentwicklung wider. Nachdem diese Gebiete 1892 aus den Lehrplänen gestrichen worden waren, mußte man schon 1901 diesen Schritt wieder rückgängig machen. Für die Primen wurden die

"Grundlehren der Kombinatorik und ihre nächstliegenden Anwendungen auf die Wahrscheinlichkeitslehre" 4)

vorgeschrieben.

1) H. E. Timerding 1914, S. 141

2) M. Simon 1908, S. 86

3) Die Wahrscheinlichkeitsrechnung wurde damals noch als ein Teilgebiet der Kombinatorik behandelt.

4) Centralblatt 1901, S. 523

Der Meraner Plan beschränkte sich darauf, die Kombinatorik "mit einigen Übungsbeispielen" für UI verbindlich zu machen, was von etlichen reformengagierten Personen scharf kritisiert wurde. So interpretierte Simon dies als

"Beseitigung der Wahrscheinlichkeitslehre aus dem Lehrplan der Gymnasien" ¹⁾

und wertete es als

"wohl das schwerste Vergehen des neuen preußischen Lehrplanes gegen den Geist des math. (!) Unterrichts". ²⁾

Dieses Urteil ist zweifelsohne überspitzt, zeigte doch auch die Diskussion um die Wahrscheinlichkeitslehre als Unterrichtsgegenstand, die in den Folgejahren weitergeführt wurde, daß es trotz der offenkundigen Praxisrelevanz dieser Gebiete gewichtige Gründe gegen ihre Behandlung in den Gymnasien gab. ³⁾ Immerhin ist ein elementares Pensum an Wahrscheinlichkeitstheoretischem und kombinatorischem Wissen weiterhin in den meisten Primen der Gymnasien vermittelt worden. ⁴⁾

1) M. Simon 1908, S. 101

2) ebd.

3) Der Aufwand an kombinatorischen und wahrscheinlichkeitstheoretischen Grundlagen, den ein tiefergehendes Verständnis der in der Praxis verwendeten Techniken und Methoden erforderte, war relativ groß, so daß es oft rationeller schien, die Techniken praktisch einzuüben und die nötigen mathematischen Grundlagen gegebenenfalls nachzuholen.

4) vgl. M. Simon 1908, S. 52. Noch 1914 herrscht Unklarheit. So schreibt Lietzmann: "von manchen Seiten wird vorgeschlagen, die Kombinatorik ... zu streichen, doch finden diese Vorschläge keine große Zustimmung." (W. Lietzmann 1914, S. 158). Andererseits berichtet H. Keferstein aus Hamburg, daß man am Realgymnasium des Johanneums die Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitslehre wieder gestrichen habe. In den Richtertschen Lehrplänen ist die Kombinatorik nicht mehr enthalten.

7.3.4.6. Der Koordinatenbegriff; Kegelschnitte und analytische Geometrie

Die analytische Geometrie, die algebraische Deutung geometrischer Aussagen, setzt den Koordinatenbegriff systematisch voraus. Mit seiner Hilfe lassen sich geometrische Gebilde wie die Kegelschnitte in algebraische Ausdrücke umformen, mit denen dann nach den Regeln der Algebra gerechnet werden kann. Die Ergebnisse können wiederum geometrisch gedeutet werden. ¹⁾

Für die Aufnahme der analytischen Geometrie in den Lehrplan der Gymnasien plädierten schon in den siebziger Jahren W. Gallenkamp ²⁾ und E. du Bois-Reymond ³⁾ mit dem Hinweis auf ihre Nützlichkeit für den Physiker und Meteorologen, für den Verwaltungsbeamten und den National-Ökonomen.

"Vollends die Medizin kann diese Methode nicht entbehren." ⁴⁾

- 1) Die analytische Geometrie ist von Descartes, Fermat, Newton und Euler entwickelt worden; vgl. D. J. Struik 1967, S. 111ff.
- 2) W. Gallenkamp war Direktor der Friederichs-Werderschen Gewerbeschule in Berlin. Er forderte auf der Schulkonferenz von 1873 die Aufnahme von Elementen der analytischen Geometrie und der Differentialrechnung in die Gymnasien, damit auch der Gymnasial-Abiturient "eine Vorstellung von der großen Culturarbeit auf dem Gebiet der Naturwissenschaft" und eine adäquate Vorbereitung auf das Medizin-Studium erhalte. (Protocolle der im Oct. 1873 im Königlich Preuß. Unterrichts-Ministerium über versch. Fragen des höheren Schulwesens abgehaltenen Konferenz, Berlin 1874, S. 81)
- 3) vgl. S. 74; vgl. H. E. Timerding 1914, S. 141f.
- 4) Du Bois-Reymond zit. nach H. E. Timerding 1914, S. 142 (Du Bois-Reymond war Physiologe.)

In den Lehrplänen von 1892 ist erstmalig die Einführung des Koordinatenbegriffs in O I in einfachster Form und daran anknüpfend die Behandlung der Grundbegriffe und Grundeigenschaften der Kegelschnitte vorgesehen. Ähnlich die Pläne von 1901. Doch während hier noch ausdrücklich ein systematischer Unterricht in analytischer oder in "sogenannter neuerer Geometrie" abgelehnt wird, hat sich im Meraner Reformplan die analytische Behandlung der Kegelschnitte neben der synthetischen voll durchgesetzt, ¹⁾ allen Plädoyers für didaktische Rücksichtnahme zum Trotz. ²⁾

7.3.4.7. Mathematische Geographie, Kartenprojektionen

Die mathematische Geographie gehört zum traditionellen Kernstück des mathematischen Unterrichts. Auf sie ist daher nicht weiter einzugehen. Die explizite Erwähnung der Kartenprojektionen in U I mag allerdings durchaus mit dem enormen Bedeutungszuwachs der Geodäsie und ihren mannigfaltigen Anwendungsgebieten zusammenhängen. ³⁾

1) "Die Behandlung der Kegelschnitte in Oberprima soll die synthetische und analytische Seite des Gegenstandes möglichst gleichmäßig berücksichtigen." (ZmnÜ 36 (1905), S. 552 (Meth. Bem.))

2) So warnt M. Simon: "Zur analytischen Geometrie dagegen wird die große Masse der Schüler schwerlich ein innerliches Verhältnis gewinnen: abrichten lassen sie sich selbstverständlich, Kurvengleichungen aller Art aufzustellen und damit zu rechnen, aber die sehr abstrakten Grundgedanken der analytischen Geom. (!), welche ein Genius wie Descartes selbst nicht einmal klar darlegen konnte, fassen im allgemeinen Jünglinge von 18 Jahren nicht." (M. Simon 1908, S. 132f.)

3) vgl. Th. Furtwängler, G. Ruhm 1914

7.3.4.8. Resümee

Mathematisches Zeichnen, Funktionenlehre, Angewandte Mathematik usw. - sie markieren sehr deutlich den neuen "Realismus". Die neuhumanistischen Vorstellungen des beginnenden 19. Jahrhunderts, der Schüler könne separiert von der Realität im Rückgriff auf die Antike für den (revolutionären) Kampf auf dem "Schauplatz der öffentlichen Welt" vorbereitet werden, haben sich im Verlauf des Jahrhunderts nicht nur als illusionär und kooptationsfähig erwiesen; gegen Ende sind sie schließlich disfunktional geworden. Nun geht es nicht mehr darum, die gesellschaftlichen Verhältnisse menschenwürdig umzugestalten, sondern nur noch darum, sich ihnen zu unterwerfen, ihnen gerecht zu werden, erfolgreich "im wilden Kampfe ums Dasein" zu bestehen. Und dieses unmittelbare, auf ein rein technisches Niveau zurückgenommene Beherrschen der Natur und der Gesellschaft muß bereits in den Schulen geübt werden. War die Wirklichkeit von den frühen Neuhumanisten Jachmannscher Gesinnung bewußt in die Distanz gerückt worden, damit sie zum Objekt bewußter Reflexion und bewußten Handelns werden konnte, so dringt jetzt die Realität in jede Pore des Unterrichts ein, überwuchert alles, zwingt den einzelnen zur bewußtlosen Anpassung. Damit wird auch für den Mathematikunterricht die Zeit reif, die pragmatischen Bezüge wieder enger zu knüpfen. Bei der radikalen Inventur kann nur bestehen, was praktischen Nutzen bringt. Der aber steht für die genannten Gebiete außer Frage. Die Realität hat ihnen die höheren bildungstheoretischen Weihen längst gegeben.

7.4. Die methodisch-didaktische Reform des Mathematikunterrichtes

Die stoffliche Reformanalyse bezog sich bisher auf die Veränderungen der Bildungsziele und Lehrinhalte; sie deutete diese als bildungsspezifische Auswirkungen der mathematisch formbestimmten Verwissenschaftlichung wichtiger gesellschaftlicher Produktions- und Reproduktionsbereiche seit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts. Vernachlässigt wurden dabei die methodisch-didaktischen Reformüberlegungen und -vorschläge. Diese Aspekte sollen im folgenden zu einem Bezugsrahmen für quantitative qualifikationspolitische Betrachtungen entfaltet werden.

7.4.1. Historische Vorbemerkungen

Methodische und didaktische Fragen wurden schon seit dem Ende der siebziger Jahre erörtert, also früher als die anderen bislang thematisierten Problemkomplexe. 1886 erschien die erste "Reform-Methodik", die Anleitung zum mathematischen Unterricht von F. Reidt ¹⁾, viel gelesen und häufig zitiert in den folgenden Jahren. Die Lehrpläne von 1901 fixierten die wichtigsten Resultate der vorausgegangenen Diskussionen; sie wurden bekräftigt und präzisiert von den Meraner Plänen. Damit ist die Auseinandersetzung um die Reform der Methodik und Didaktik des Mathematikunterrichts vorläufig abgeschlossen. ²⁾

1) vgl. F. Reidt (Hrsg.) 1886

2) vgl. F. Neigenfind 1961, S. 95f. Schon auf der Schulkonferenz von 1900 resümierte B. Schwalbe: "Methodik und Lehrerbildung haben daher seit 1890/92 einen so bedeutenden Fortschritt gemacht, daß die Übelstände ... bedeutend herabgemindert sind und immer mehr schwinden." (Verhandlungen 1901, S. 369).

Inhaltlich setzte die Kritik der Reformen an den "dogmatischen", verbalistischen, "kinderfeindlichen" Verfahrensweisen an, die in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts die allgemein üblichen, in der Folgezeit die überwiegenden Formen waren, in denen die Schulmathematik vermittelt wurde.¹⁾ Der Lehrer dozierte, ohne dabei das Alter oder den psychischen und physischen Entwicklungsstand des Schülers zu berücksichtigen; dieser mußte das Gehörte oder Gelesene passiv rezipieren und kritiklos reproduzieren.²⁾ Der Lehrstoff wurde ausgewählt und dargeboten, wie es dem systematischen Aufbau der Mathematik angemessen zu sein schien; als Beweismittel waren im wesentlichen nur die formallogischen Verfahren zugelassen.

Ein solcher Unterrichtsstil konnte sich besonders gut in der Geometrie entfalten, die seit Jahrhunderten Euklids Elemente³⁾ abhandelte. Die als unübertrefflich geltende Systematik dieses "Musterbeispiel(s) griechischer Wissenschaft überhaupt"⁴⁾ war durch den axiomatischen Aufbau charakterisiert, d.h. durch ein System von Sätzen, die sich als formallogisch korrekte Ableitungen aus Definitionen und unhintergehbaren Postulaten oder Axiomen ergaben.⁵⁾ Ein Geometrieunterricht, der aus der Lehre des euklidischen Werkes bestand, mußte daher notwendig auch die zugehörige Beweistechnik, nämlich das Herleiten von Aussagen aus anderen Aussagen mithilfe von formallogischen Regeln pflegen.

1) vgl. F. Neigenfind 1961, S. 23ff., bes. S. 35

2) vgl. W. Lietzmann 1949, S. 80. Auch die von A. Graf zusammengestellten Erinnerungen namhafter Zeitgenossen an ihre Schulzeit malen ein drastisch-anschauliches Bild des Mathematikunterrichts um die Mitte des 19. Jahrhunderts; vgl. A. Graf, 1912.

3) Die beste Einführung in das Werk Euklids und seine Geschichte gibt T. L. Heath 1955.

4) P. Lorenzen 1960, S. 82

5) vgl. A. Fessel 1959, S. 176ff.

Nicht nur die Schüler empfanden den Mathematikunterricht als "stumpfsinnige Folter" ¹⁾. In den siebziger Jahren artikulierte sich auch zunehmend schärfere Kritik von seiten der Mathematikdidaktiker und anderer Kreise. ²⁾ 1871 erschien im zweiten Band der 1870 neu gegründeten Zeitschrift für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht eine Rezension zu Zieglers "Ebene und sphärische Trigonometrie" von F. Reidt, in der dieser

"an den Grundprinzipien des euklidisch erteilten Unterrichts" ³⁾

rüttelte und damit die Reformdiskussion eröffnete.

Deren vorläufige Ergebnisse faßte 1901 G. Bohle zusammen:

"Die Methode des mathematischen Unterrichts muß im allgemeinen in bezug auf die Anleitung der Schüler heuristisch, in bezug auf die Aufsuchung der Beweise und die Lösung der Aufgaben analytisch und in bezug auf die Aneinanderreihung der Sätze genetisch sein; eine Kombination der drei Methoden ist daher die natürlichste und zweckmäßigste Lehrform; nur in dem Unterricht der oberen Klassen wird auch die dozierende und synthetische Lehrweise gelegentlich anzuwenden sein; die Zusammenfassungen und Wiederholungen erfolgen auf allen Klassenstufen synthetisch." ⁴⁾

Im folgenden soll nun nachvollzogen werden, wie die Meraner Pläne dieser Postulate im einzelnen realisierten. Wir greifen dabei auch häufig auf die Lehrpläne von 1901 zurück, um zu zeigen, wie sich das Reformwerk in den Vorschlägen von Meran vollendet.

1) A. Graf 1912, S. 261

2) Zu ähnlichen Strömungen in anderen Ländern vgl. F. Lindemann 1904, S. 14

3) F. Neigenfind 1961, S. 51

4) G. Bohle 1901/02, S. 74

7.4.2. Methodisch-didaktische Neuerungen

Die Substitution des früheren "Vortragsbetriebes" ¹⁾ durch das "heuristisch gegliederte" Unterrichtsgespräch, in dessen Verlauf wichtige Fragen, Problemstellungen und Lösungsansätze nach sokratisch-mäeutischer Art aus den Schülern "herausgeholt" wurden, setzte voraus, daß der Unterrichtsstoff der "kindlichen Fassungskraft" entsprechend ausgewählt, präpariert und dargeboten wurde. Da die pädagogische Ausbildung der Lehramtskandidaten die Umsetzung dieser Forderung offenkundig nicht hinreichend gewährleistete, lieferten die Lehrpläne selbst eine Fülle von Vorschlägen zur sog. genetischen Organisation und Konzeption des Lehrstoffes, die wir im folgenden auflisten wollen.

7.4.2.1. Propädeutische Kurse vor dem eigentlichen wissenschaftlichen Lehrgang

Die Lehrpläne von 1901 und 1905 sehen eine Gliederung der Geometrie, Trigonometrie und Stereometrie in einen propädeutischen und einen streng-wissenschaftlichen Teil vor. Die propädeutischen Funktionen des Rechenunterrichts für die anschließende systematische Behandlung der Algebra werden herausgearbeitet. Im einzelnen:

Ein propädeutischer Geometrieunterricht war schon in Form einer geometrischen Zeichenstunde für die Quinta in den Lehrplänen von 1882 vorgesehen; die Lehrpläne von 1892 machten das wieder rückgängig. ²⁾ Doch

1) W. Lorey 1938, S. 54

2) "...in IV soll seine Aufgabe neben dem übrigen geometrischen Pensum der Klasse erledigt werden." M. Nath 1906, S. 96

"die Ansicht von der Notwendigkeit eines propädeutischen Unterrichts ließ sich eben nicht mehr unterdrücken." 1)

1901 wurde er als "propädeutischer geometrischer Anschauungsunterricht" für die Quarta verbindlich gemacht. 2)

Hier sollten - auf naiv-stereometrischer Basis - induktiv aus dem Umgang mit Körpern und deren Begrenzungsflächen ein anschauliches geometrisches Begriffsrepertoire abgeleitet und Routine im Umgang mit Zirkel und Lineal erreicht werden. 3) Die Meraner Pläne nehmen dies bereits für die Quinta auf und präzisieren die Durchführung. 4)

1) G. Bohle, a.a.O., S. 74

2) Centralblatt 1901, Nr. 6 und 7, S. 522

3) "Der geometrische Unterricht beginnt mit einem Vorbereitungsunterricht, welcher von der Betrachtung einfacher Körper ausgehend das Anschauungsvermögen ausbildet und zugleich Gelegenheit giebt, die Schüler im Gebrauche von Zirkel und Lineal zu üben." Centralblatt 1901, S. 527 (Methodische Bemerkungen)

4) Hieß es 1901 noch relativ kategorisch: "Propädeutischer geometrischer Anschauungsunterricht. Übungen im Gebrauche von Zirkel und Lineal. Lehre von den Geraden, Winkeln und Dreiecken.", so formulieren die Meraner Reformer sehr ausführlich und sorgfältig: "Einführung in die Grundbegriffe der Raumanschauung, jedoch derart, daß der Raum vorwiegend als Träger planimetrischer Beziehungen erscheint. Raumausdehnungen, Flächen, Linien, Punkte zunächst an der Umgebung erläutert und bestätigt an den verschiedensten Körpern. Ebene Figuren zunächst als Teile der Körperbegrenzung, dann als selbständige Gebilde, an welchen die Begriffe der Richtung, des Winkels, des Parallelismus, der Symmetrie zum Verständnis zu bringen sind. Übung im Gebrauche des Lineals und Zirkels, beständiges Zeichnen und Messen." (ZmnÜ 36 (1905), S. 547; entsprechend lang sind die meth. Bemerkungen hierzu. (S. 550))

Für den Stereometrie- und Trigonometrieunterricht setzen die Lehrpläne von 1901 nur im Realgymnasium und in der Oberrealschule propädeutische Kurse an. Am Gymnasium fallen sie weg; allerdings betonen die Methodischen Bemerkungen, daß dies

"für die spätere Behandlung dieser Gebiete keineswegs ausschließen (solle), daß sie zunächst einen propädeutischen Charakter trage(n)." ¹⁾

Die Meraner Pläne lassen die Trigonometrie propädeutisch vorbereiten in UII; die geometrische Propädeutik (in V) ist gleichzeitig auch stereometrische Propädeutik. Daß der Rechenunterricht Algebra und Arithmetik vorbereiten solle, wurde bereits in den Lehrplänen von 1882 und 1892 betont. Die Pläne von 1901 bekräftigen dies ²⁾, die Meraner Pläne führen diese Forderung in den Lehrplänen und den Methodischen Bemerkungen nochmals explizit aus. ³⁾

7.4.2.2. Anschaulich-praktische Fundierung des Unterrichts

Insbesondere die Vorkurse sollten ein weiteres Prinzip der Unterrichtsgestaltung realisieren helfen: lebenspraktischen Bezug und anschauliche Grundlage. Wiederum bauen die Meraner Pläne voll aus, was in den Lehrplänen von 1901 angedeutet ist.

1) Centralblatt 1901, S. 527

2) ebd., S. 526

3) ZmnÜ 36 (1905), S. 548 ("Vorbereitung des arithmetischen Unterrichtes durch Wiederholung geeigneter, früher gelöster Aufgaben unter Verwendung von Buchstaben statt bestimmter Zahlen") bzw. 550 ("Andererseits ist der Rechenunterricht als Vorbereitung auf die Arithmetik anzusehen.")

Der Rechenunterricht soll

"die einheimischen Verhältnisse vorzugsweise berücksichtigen, die Aufgaben aus dem bürgerlichen Leben müssen wirkliche, nicht fingierte, praktisch niemals vorkommende Verhältnisse behandeln." ¹⁾

Der Geometrieunterricht soll sich

"an die natürliche Anschauung anschließen und von praktischen Messungen ausgehen" ²⁾,

Trigonometrie als praktisch-verwertbare Technik gelehrt werden ³⁾, usw.

Wir wollen hierauf nicht weiter eingehen. Dagegen soll noch auf die Empfehlung zum extensiven Gebrauch visuell-veranschaulichender Unterrichtsmaterialien hingewiesen werden. Mathematische Überlegungen sollen an Modellen, mathematischen Wandtafeln oder auch nur übersichtlichen Zeichnungen verdeutlicht oder heuristisch vorbereitet werden. ⁴⁾

-
- 1) ZmnU 36 (1905), S. 550. Schon die Lehrpläne von 1901 hatten die Bedeutung der "Verhältnisse des praktischen Lebens" im Rechenunterricht, namentlich beim Kopfrechnen, hervorgehoben. (Vgl. Centralblatt 1901, S. 526)
 - 2) ZmnU 36 (1905), S. 550
 - 3) a.a.O., S. 552
 - 4) Auf das starke Wachstum der Lehrmittelindustrie ab der Jahrhundertwende wurde bereits früher hingewiesen. Es war vor allem auf die Schülerübungsbewegung in der Physik und Chemie zurückzuführen, wurde aber auch durch die Tendenz zum Veranschaulichen im Mathematikunterricht forciert. Einen Eindruck vermittelt die "Lehrmittelschau", das deutsche Zentralorgan für das gesamte Lehrmittelwesen und Schulzimmerausstattung, das 1911 bis 1914 als Beilage der Zeitschrift "Deutsche Schulpraxis" (Hrsg. Rich. Seyfert) erschien. Die ersten Ausstellungen deutscher Unterrichtstechnologien vervollständigen das Bild einer zwar jungen, aber wachstumsorientierten und international konkurrenzfähigen Industriebranche.

7.4.2.3. Einfachheit als Kriterium für die Stoffauswahl

Haben schon die Lehrpläne von 1901 den Verzicht auf "verwickeltere Rechenaufgaben" oder den Ausschluß von Aufgaben, "deren Lösung die Kenntnis entlegener Lehrsätze oder besonderer Kunstgriffe erfordert", nahegelegt ¹⁾, so arbeiten die Meraner Pläne diese Tendenz voll heraus.

Schon die Vorrede propagiert Einfachheit als grundlegendes Auswahlprinzip, insbesondere für die unteren und mittleren Stufen:

"Im Wegfall kommen ... alle Einzelheiten, deren Beherrschung eine besondere Routine voraussetzt, sowohl auf dem Gebiete der analytischen Umformung als der geometrischen Konstruktionen. Andererseits werden die abstrakten Auffassungen und Beweise, die dem Anfänger so oft unverständlich bleiben, auf die höhere Stufe hinaufgeschoben." ²⁾

Auffallend oft wird in den Plänen der Prädikator "einfach" verwendet. ³⁾ In die gleiche Richtung zielen die Anweisungen,

"Regeldetri unter Vermeidung aller Übertreibung schematischer Formen" (IV),
"Konstruktionen ... unter Ausschluß aller nur durch Kunstgriffe lösbaren Aufgaben" (U III),
"Bei den Zeichnungen ... jede Erschwerung durch Nebensachen, unnötig umständliche Bezeichnungen usw." (Method. Bemerkungen für die Unterstufe)
"alle künstlichen Operationen, Divisionen komplizierter Polynome und dergleichen" (Method. Bemerkungen für die Mittelstufe),
"in der Trigonometrie ... alle künstlichen Umformungen" (Method. Bemerkungen für die Oberstufe)

zu vermeiden.

1) Centralblatt 1901, S. 527

2) ZmnU 36 (1905), S. 544
vgl. z.B. Kurt Liewald, Die Anschaulichkeit im geometrischen Anfangsunterricht, in: ZmnU 40 (1909), S. 385ff.

3) z.B. auf VI, IV, O III, O II, U I, O I; es werden "einfache", "einfachste" und "allereinfachste" Aufgaben genannt.

7.4.2.4. Fusionierung mathematischer Gebiete ¹⁾

Die Kritik an der euklidischen Schulgeometrie enthielt nicht nur den Vorwurf mangelnder Anschaulichkeit dieses Systems, sondern auch des Fehlens einheitlicher Prinzipien bei der Bündelung des Gesamtstoffes in einzelne Stoffgebiete.

"Sie (Euklids Elemente, H.I.) bilden ein Konglomerat von einzelnen Sätzen, die zum Teil ganz äußerlich zu Gruppen zusammengestellt sind." ²⁾

Als eine Alternative schlugen namhafte Didaktiker das Prinzip der Fusion vor, d.h. der Verwendung von Darstellungsmitteln und Beweismethoden, Sätzen und Theoriestücken eines mathematischen Gebietes für ein anderes Gebiet.

Während die Elemente Euklids ein idealtypisches Beispiel für das - entgegengesetzte - Prinzip der Isolierung, vertreten von sog. puristischen Mathematikern, bilden ³⁾, ist die Verschmelzung von Geometrie und Arithmetik zur Trigonometrie oder von Geometrie und Algebra zur analytischen Geometrie prototypisch für das fusionistische Prinzip. Die Meraner Pläne greifen das Postulat der Fusion zum einen für die Planimetrie und Stereometrie auf, die schon in den Plänen von 1901 angelegte Tendenz fort-

1) vgl. den Habilitationsvortrag von R. Schimmack, über die Verschmelzung verschiedener Zweige des mathematischen Unterrichts, abgedruckt in ZmnU 42 (1911), S. 569 - 581; und den Bericht über die IMUK-Tagung 1911 in Mailand, deren eines Thema "Die Fusion zwischen verschiedenen Gebieten des mathematischen Unterrichts an den höheren Schulen" in ZmnU 43 (1912), S. 29ff. referiert wird.

2) G. Bohle 1901, S. 76

3) In den Büchern I bis VI wird die Planimetrie, in VII bis X die Arithmetik und in XI bis XIII die Stereometrie abgehandelt.

führend ¹⁾, zum anderen für die Arithmetik und Geometrie, wobei auch hier auf die Vorarbeiten von 1901 zurückgegriffen werden konnte. Für U I schließlich wird die Grundlegung der Darstellenden Geometrie mithilfe der bis dahin erworbenen Kenntnisse in Stereometrie vorgeschlagen.

7.4.2.5. Veränderungen in der Beweistechnik

Als Spezialität der genetischen Stoffanordnung wie auch als besonders wichtiges Charakteristikum der methodisch-didaktischen Reformen ist noch die Veränderung der Beweistechnik zu erwähnen.

Der "gesunde Verstand" und das "natürliche Gefühl" werden als Beweismittel zulässig. Unverständliche Beweise, pedantische Beweisführung oder Beweissystematik, künstliche Umformungen zu Beweis Zwecken werden wiederholt entschieden zurückgewiesen:

"Der geometrische Unterricht ... wird auf das sorgfältigste vermeiden müssen, Dinge, die dem natürlichen Gefühl als selbstverständlich erscheinen, durch eine pedantische Beweissystematik dem Verständnis zu entfremden, vielmehr alle logischen Beweise zu einem Bewußtwerden der ganz von selbst im Geiste auftretenden Erwägungsmomente zu gestalten suchen, mit dieser Behandlung aber auch erst allmählich einsetzen ... Indirekte Beweise sind möglichst zu vermeiden, die Umkehr direkt bewiesener Beziehungen, soweit sie - wie meistens - dem gesunden Verstand auf der Hand liegt, als selbstverständlich zu behandeln." ²⁾

1) Unter dem Einfluß von G. Holzmüller verfügt der Lehrplan von 1901, daß die geometrische Propädeutik "von der Betrachtung einfacher Körper" auszugehen habe; vgl. R. Schimmack 1911, S. 574. Die Forderung nach Fusionierung von Stereometrie und Planimetrie in der Propädeutik findet sich zuerst bei K. v. Raumer; sie steht in Zusammenhang mit dem Aufblühen der Kristallographie (beide waren als Mineralogen tätig); vgl. R. Schimmack 1911, S. 572.

2) ZmnU 36 (1905), S. 550

Überall klingt das Anliegen durch, das schließlich für die Analysis der geometrischen Konstruktionen explizit anempfohlen wird: psychologische Gesichtspunkte zum Prinzip zu erheben, "didaktische Rücksichtnahme" (Kambartel) zu üben, vor allem auf der Unter- und Mittelstufe.

Freilich muß an dieser Stelle auch betont werden, daß die Einstellung der Mathematikdidaktiker zu diesen methodischen Fragen keineswegs ungebrochen und einheitlich war. Nur von wenigen zwar wurden die methodisch-didaktischen Veränderungsvorschläge als

"Tempelschändung der reinen Mathematik" ¹⁾

angeprangert; für die Mehrzahl bedeutete die empirisch-induktive, genetische Aufbereitung des Mathematikunterrichts ein sinnvolles, da pädagogisch-psychologisch gerechtfertigtes Vorgehen, war aber letztlich doch unwissenschaftlich, da es in eine Popularisierung und Vulgarisierung wissenschaftlicher Sachverhalte nur allzuleicht umschlagen könne.

Ein methodisch-didaktisch und wissenschaftssystematisch akzeptabler Ausweg und Kompromiß bot sich in der alters- und entwicklungsspezifischen Auswahl von Beweisverfahren an: Sie ließ für die älteren Schüler auf der Oberstufe durchaus die Behandlung nach wissenschaftlich-strengen Kriterien zu. In diesem Sinne tröstet sich F. Lindemann in seiner viel zitierten Rektoratsrede von 1904:

"Möge man daher für die Anfänger noch weiter als bisher von E u k l i d abweichen; auf einer späteren Stufe muß man zu ihm zurückkehren, wenn der Schüler wirklich Einblick in ein wissenschaftliches System gewinnen soll." ²⁾

1) W. Lietzmann zit. nach A. Fessel 1959, S. 181

2) F. Lindemann 1904, S. 25

7.4.3. Zum schulpolitischen Kontext der methodisch-didaktischen Reformen

Bei der Deutung der methodisch-didaktischen Reformen muß das Faktum berücksichtigt werden, daß Fragen der Unterrichtsmethodik nicht nur in Mathematikerkreisen erörtert wurden, sondern daß sie als ein zentrales Problem aller wichtigen Fächer an höheren Schulen begriffen und von zahlreichen schulpolitischen engagierten Gruppen diskutiert wurden. Ein wichtiges Dokument in diesem Zusammenhang sind die Protokolle der Berliner Schulkonferenzen, insbesondere der Dezemberkonferenz von 1890, liefern sie doch wichtige Hinweise auf den allgemeinen Hintergrund, von dem die Methodenfrage ihre Aktualität bezog. ¹⁾

Einen zentralen Aspekt sprach schon Wilhelm II. in den Eingangsfragen an, die er an die Konferenzteilnehmer richtete:

"Ist die Ermäßigung der **L e h r z i e l e**, also die Verminderung des Lehrstoffs, scharf in's Auge gefaßt und wenigstens das Auszuscheidende genau festgestellt?" ²⁾

Teils um den "Bedürfnissen der Gegenwart" zu entsprechen, teils aus Gründen der Konkurrenz mit dem jungen realistischen Schulwesen ³⁾, hatte das Gymnasium neue Lehrstoffe oder gar neue Unterrichtsfächer aufgenommen, die, trotz einiger Streichungen im tradierten Stoffkatalog durch die Lehrpläne von 1882 und 1892 ⁴⁾, insgesamt eine stoffliche Mehrbelastung herbeiführten. Zudem sollten einige Fächer im Rahmen des "modernen nationalen Humanismus"

1) vgl. Verhandlungen 1891 und Verhandlungen 1901

2) Verhandlungen 1891, S. 92

3) vgl. F. Blättner 1960, S. 236

4) vgl. a.a.O., S. 224f., S. 226f.

umfassender und gründlicher als früher unterrichtet werden. ¹⁾

Auch die Entwicklung der Universitäten warf ihren Schatten auf das Gymnasium ²⁾. Die Philosophische Fakultät hatte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts im Gefolge des innerwissenschaftlichen Differenzierungs- und Spezialisierungsprozesse ihren allgemeinbildenden Charakter verloren; sie war nicht länger mehr die "Nachschule" (Schleiermacher) des Gymnasiums. Damit fiel die Aufgabe, die Allgemeinbildung zu vollenden und abzuschließen, dem Gymnasium, insbesondere der gymnasialen Oberstufe, zu. Hinzu kam, daß in den Schulfächern nun gezielter auf die Spezialstudien an den Hochschulen vorbereitet werden mußte, was wiederum neue Probleme der Stoffverteilung und Stoffkontinuität aufwarf. ³⁾

Für die Unter- und Mittelstufe zeigte sich eine ähnliche Tendenz. Da der erfolgreiche Besuch der Untersekunda den begehrten "Einjährigen-Schein" vermittelte, der z.B. in der sechsklassigen Bürgerschule nur durch eine zusätzliche Prüfung erworben werden konnte, "drängten" die Schüler in die höheren Schulen, besonders in die Gymnasien, da hier immer auch noch der Besuch der Oberstufe und damit der Erwerb wichtiger Berechtigungen möglich war. Freilich trat der Großteil der Schüler dann doch ohne Reifezeugnis, zumeist nach UII, aus. ⁴⁾ Diesem Umstand mußte Rechnung ge-

1) vgl. S. 184

2) vgl. F. Blättner 1960, S. 206ff.

3) Darauf haben wir schon im Zusammenhang mit der Mathematikreform auf der Oberstufe hingewiesen; vgl. S. 160.

4) Von 1882/83 bis 1888/89 gingen 76,4 % der Gymnasiasten ohne Reifezeugnis von der Schule ab; vgl. L. Viereck 1890, S. 301. Im Schuljahr 1906/07 besaßen von insgesamt 21 674 Gymnasiasten, die das Gymnasium verließen, nur 5 520 ein Reifezeugnis (d.s. 25,4 %); vgl. R. Schimmack 1911, S. 571. Diese Zahlen können nur einen groben Hinweis liefern, da sie z.B. auch alle diejenigen Schüler unter die Kategorie "ohne Reifezeugnis" subsumieren, die an eine andere höhere Schule übertreten. Eine Statistik der Schülerfrequenzen und -mobilitäten steht noch aus.

tragen werden; es war

"... selbstverständlich unsere Pflicht, dafür zu sorgen, daß der Unter-Sekundaner eine mehr abgerundete und abgeschlossene Bildung mit in das Leben hinausnehme als bisher." ¹⁾

Um diesem Auftrage zu genügen, mußten neue Inhalte in die unteren und mittleren Klassen vorverlagert, vorhandene vertieft und abgerundet werden; in jedem Falle also mußte eine stoffliche Vermehrung in Kauf genommen werden, und das angesichts der aus dem oben genannten Grund überfüllten Unter- und Mittelstufen.

Auch die in den achtziger Jahren aufkommende pädagogische Psychologie ²⁾ wies darauf hin, daß die Kindheit eine

1) Verhandlungen 1891, S. 366

2) Die Entfaltung der pädagogischen Psychologie fällt zeitlich in etwa mit dem Beginn der Überbürdungsdiskussion zusammen. Strümpells "Psychologische Pädagogik" erschien 1880; Preyers "Seele des Kindes" 1882. 1883 wurde nach längerer Vordiskussion das erste Gutachten zur Überbürdungsproblematik erstellt; vgl. Verhandlungen 1891, S. 434. Daß über die zeitliche Koinzidenz hinaus funktionale Zusammenhänge bestehen, ist zu vermuten, bedarf jedoch noch einer gründlichen Untersuchung. - Für die Folgezeit ist die Wechselwirkung offenkundig, beziehen sich doch zahlreiche Arbeiten zur pädagogischen Psychologie auf die Überbürdung und ihre Beseitigung; vgl. Löwenthal, Grundzüge einer Hygiene des Unterrichts, Wiesbaden 1887; Oehrn, Experimentelle Studien zur Individualpsychologie, Dissertation, Dorpat 1889; F. Pöllner, Experimentalbeiträge zur Myopiehygiene, Sonderabdruck aus der Zeitschrift für Schulgesundheitspflege 1891; Th. Altshul, Die Frage der Überbürdung unserer Schuljugend vom ärztlichen Standpunkt, Wien 1894; E. Kraepelin, Über geistige Arbeit, Jena 1894; H. Ebbinghaus, Über eine neue Methode zur Prüfung geistiger Fähigkeiten und ihre Anwendung bei Schulkindern, 1897. Seit 1890 wurden Meßmethoden für die Intelligenzprüfung gesucht (1905 entwickelten Simon und Binet ein Testsystem für Kinder.). 1901 stellte Meumann die experimentelle Pädagogik vor: "Die Pädagogik wird mehr eine Wissenschaft vom Lernenden als vom Lehrenden werden, denn den Ausgangspunkt aller experimentellen Untersuchungen bildet das lernende und arbeitende Schulkind." (E. Meumann 1901, S. 285); vgl. auch J. Kretzschmar 1912. - Nach R. Schmid (vgl. R. Schmid 1975b, S. 37f.) beginnt die pädagogische Psychologie mit der Schulkon-

entwicklungs- und lerntheoretisch entscheidende Phase sei ¹⁾, deren Gesetzmäßigkeiten beachtet werden müßten, wollte man die "Belastung der jugendlichen Arbeitskraft" ²⁾ in Grenzen halten. Die Beiträge der Verhandlungsteilnehmer zeigen, daß die Resultate der Entwicklungspsychologie durchaus rezipiert worden sind; sie wurden häufig argumentativ verwendet, um die Aufmerksamkeit auf die Unter- und Mittelstufen zu lenken. ³⁾ Mit der "Belastbarkeit" aber war eine der brennendsten Fragen der Konferenz angeschnitten. Schon der Kaiser hatte einleitend die sog. Überbürdung der Schüler, den dauernden Zwang zu einer übergroßen und mit schädlichen gesundheitlichen Folgen verknüpften Leistung unter ungünstigen äußeren Umständen ⁴⁾, als den zentralen Dis-

ferenz von 1890. Unseres Erachtens spiegeln die Verhandlungen bereits ein fortgeschrittenes Stadium, werden doch hier vorausgegangene Diskussionen zusammengefaßt und die neugewonnenen Erkenntnisse der pädagogischen Psychologie bereits argumentativ benutzt. R. Schmid's Analyse greift zu kurz, weil sie im gymnasialen Utraquismus die Hauptursache der Überbürdung sieht und den dahinter stehenden militär-politischen Interessen keine Beachtung schenkt. (Freilich stand uns bei Abschluß dieser Arbeit nur das stark verkürzte Konzentrat seiner - eventuell umfassenderen - Thesen zur Verfügung; vgl. R. Schmid 1975a und b.)

- 1) "Nach den Erfahrungen, welche man an der geistigen Entwicklung des Menschen gemacht hat, wiegt bei dem Kinde die phantasievolle Auffassung der Dinge vor, bei dem Knaben das realistische Begreifen, das Interesse am sinnemäßigen Erkennen der vielseitigen Wirklichkeit, bei dem Jünglinge das denkende Durchdringen dessen, was ihm nahetritt." (Verhandlungen 1891, S. 455)
- 2) Verhandlungen 1891, S. 456
- 3) vgl. Verhandlungen 1891, S. 475
- 4) Zur Überbürdungsfrage erschienen viele Beiträge; vgl. W. Rein 1899, Bd. VII, S. 165ff.; O. Willmann/E. M. Roloff Bd. V 1917, S. 234ff.

kussionsgegenstand bezeichnet. Alle Beiträge bezogen sich mehr oder weniger auf diese

"Krankheit, deren Heilung den berufenen Freunden der Jugend als eine heilige Pflicht gelten soll" ¹⁾

und bestätigten das Urteil eines Konferenzteilnehmers:

"Die Frage der Ueberbürdung ist der Mittelpunkt der Aufgaben, welche seine Majestät der Kaiser und König gestellt hat. Sie ist der Mittelpunkt der hier vorkommenden Erörterungen. Sie ist Veranlassung zur Berufung dieser Konferenz. Sie ist der Grund der ganzen Schulreform-Bewegung". ²⁾

Die Gründe für das erneute Aufflammen der Überbürdungs-
diskussion ³⁾ seit etwa 1880 wurden von den Anwesenden
benannt: Neben den Klagen der um das Wohl ihrer Söhne
besorgten Eltern ⁴⁾ ist es vor allem die Furcht der herr-
schenden Stände, daß

1) Verhandlungen 1891, S. 448

2) ebd.

3) Die These von der Überbürdung der Gymnasiasten war nicht neu. Sie war schon einmal in den zwanziger und dreißiger Jahren des 19. Jahrhundert diskutiert und wesentlich als Einwand gegen den Utraquismus, d.h. die Synthese von humanistischen und realistischen (naturwissenschaftlichen) Lehrinhalten am Gymnasium ins Feld geführt worden. Der Neuhumanismus etablierte sich; ein Bericht der Provinzialkollegien, Reaktion auf Lorinser's 1835 erschienene und viel diskutierte Schrift "Zum Schutze der Gesundheit in den Schulen", widerlegte seine Thesen von der Überbürdung der Schüler weitgehend. Auch König Friedrich Wilhelm III. konnte beruhigt werden, da "bezüglich der Tauglichkeit für den Militärdienst die aus den Gymnasien hervorgegangenen Jünglinge ungleich günstiger dastehen als die Handels- und Kunstbeflissenen" (L. Wiese 1902, S. 64). Das Ergebnis dieser Diskussionen waren präzisere Vorschriften über das Quantum an Hausaufgaben.

4) Der Kaiser berichtete von "massenhaften Zuschriften, Bitten und Wünschen" der Eltern; vgl. Verhandlungen 1891, S. 76

"die allgemeinen Gesundheitsverhältnisse in unseren gebildeten Klassen schwer benachteiligt und damit die Wehrhaftigkeit des Volkes gemindert werden möchte." 1)

Die Sorge der herrschenden Stände um die biologische Reproduktion ihrer Klasse sowie die militärpolitischen Bedenken und Interessen spiegeln sich insbesondere in den Beiträgen der Vertreter des Kriegsministeriums sehr deutlich wider, wobei häufig betont wurde, daß es sich bei den Fragen der Überbürdung keineswegs nur um ein klassenspezifisches oder nur das Militär betreffendes Problem handle 2), sondern vielmehr um ein nationales Politikum ersten Ranges

"... zunächst nach der erziehlichen Seite hin, denn die Armee ist auch eine Schule der Nation, und zweitens in Rücksicht auf die Wehrhaftigkeit unseres Volkes und somit auf die Machtstellung unseres Vaterlandes." 3)

Anhand eines sorgfältig zusammengetragenen Zahlenmaterials wurde nachgewiesen, daß die physische und psychische Konstitution der Wehrpflichtigen, die aus den hö-

1) L. Wiese 1902, S. 64

2) Das schulpolitische Engagement der Militärvertretung begründet Major Fleck: "Erstens führen die höheren Schulen der Armee in den Einjährig-Freiwilligen diejenigen Elemente zu, die in der Masse als die Träger höherer Intelligenz dienen und dadurch das geistige Niveau der Menge zu beheben bestimmt sind, zum Theil auch als Reserve- und Landwehr-Offiziere die Berufsoffiziere in der Friedensarbeit unterstützen, im Kriege ergänzen sollen, Zweitens nimmt unser ganzer Einsatz an Berufs- Offizieren den Weg durch die höheren Schulen, Drittens besitzt die Armee in dem Kadettenkorps eine neunklassige höhere Schule mit dem Lehrplane der Realgymnasien" (Verhandlungen 1891, S. 225).

3) Verhandlungen 1891, S. 225

heren Schulen kamen, sehr zu wünschen übrig ließ. So ergab eine vergleichende Studie zur "körperlichen Beschaffenheit der Schüler der niederen und höheren Lehranstalten nach dem Maßstabe der Militärtauglichkeit" ¹⁾ einen signifikant höheren Prozentsatz an zeitlich oder dauernd Untauglichen unter den Absolventen höherer Schulen: als Schäden wurden genannt:

- Myopie (Kurzsichtigkeit),
- Herzfehler, in der Hauptsache "nervöse Herzleiden",
- Skoliose, besonders in der Form der sogenannten Schreibhaltung ("Tieferstehen der rechten Schulter"),
- "Schwächezustände aller Art", der Nerven, des Körpers, der Muskulatur ²⁾.

Da die Schule diesen Untersuchungen zufolge für die gesundheitlichen Schäden der Jugend hauptverantwortlich schien, mußte auch hier der Reformhebel angesetzt werden. Dabei ging es nicht nur darum, die gravierendsten Mängel zu beheben; vielmehr mußte die Schule im umfassenden Sinne zu einem Instrument gemacht werden,

"die Wehrhaftigkeit des Geistes und die Wehrhaftigkeit des Körpers (zu) stählen" ³⁾

und der Nation "eine kräftige Generation" ⁴⁾ heranzubilden, die körperlich fähig und geistig bereit war, den imperialistischen Interessen zu dienen und den Aufstieg Deutschlands zur ökonomischen und politischen Weltmacht mit allen Mitteln zu befördern.

Wir können nun nicht im einzelnen auf die diversen Momente der Schulüberbürdung, wie sie auf der Konferenz detailliert zur Sprache kamen, und auch nicht auf die

1) a.a.O., S. 441

2) a.a.O., S. 435

3) a.a.O., S. 485

4) a.a.O., S. 75

zahlreichen sog. schulhygienischen "Erleichterungs"vorschläge eingehen.¹⁾ Wir beschränken uns daher auf den Argumentationsstrang, der unsere eigentliche Fragestellung berührt.

Die genannten Interessen am "körperlichen Gedeihen der Jugend"²⁾ waren nur zu realisieren, wenn, trotz des angewachsenen Stoffpensums und neuer stoffexpandierender Tendenzen, die schulische und häusliche Arbeitszeit verkürzt wurde. Als ein wichtiger Weg zu diesem Ziel wurde auf der Dezemberkonferenz die Verbesserung der Unterrichtsmethodik genannt. Das neue Programm eines

"intensiven methodischen Unterrichts"³⁾

sollte zu einer psychologisch fundierten

"Vereinfachung des Lernens"⁴⁾

führen; im einzelnen wurde gefordert:

- den systematisierenden, rein an den Inhalten orientierten Lehrvortrag zu vermeiden und stattdessen den Schüler selbständig und selbsttätig die "Sachen" finden zu lassen;
- jede "abstumpfende", d.h. den Schüler zur Aneignung des Stoffes von außen her zwingende Tätigkeit, insbesondere das Auswendiglernen und sture Memorieren, einzuschränken und vielmehr - in heutige Terminologie gefaßt - den Schüler intrinsisch zu motivieren.⁵⁾

1) z.B. Reduktion der Klassenfrequenzen, Vereinfachung des Stoffes und der Prüfungsanforderungen, Verbesserung der Lehrerbildung, Pflege der Spiele und körperliche Übungen, Unterricht im Freien, usw.; vgl. a.a.O., S. 795ff.

2) a.a.O., S. 50

3) a.a.O., S. 42

4) a.a.O., S. 422

5) a.a.O., S. 44

- auf das alters- und entwicklungsbedingte Fassungsvermögen des Kindes Rücksicht zu nehmen;
- Beobachtung und Anschauung als dem logischen Denken gleichrangige Erkenntnismittel zur Geltung zu bringen;
- den Stoff zu elementarisieren, auf das Einfache zurückzuführen;
- zwischen den einzelnen Lehrstoffen einen organischen Zusammenhang herzustellen. ¹⁾

Die inhaltlichen Parallelen zu den früher ausgeführten Inhalten der methodisch-didaktischen Reformen des Mathematikunterrichts sind unübersehbar. Dies ist nicht weiter erstaunlich, da sich der beschriebene Widerspruch zwischen der Stoffvermehrung und der Leistungsfähigkeit der Schüler in der Mathematik im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts verschärft stellte. Nicht nur war der mathematische Unterricht an den Gymnasien besonders abschreckend und ineffizient - die Schülerberichte sprechen hier eine deutliche Sprache ²⁾ -, auch der Umfang des Lehrstoffes hatte sich infolge des rapide angestiegenen Bedarfs an mathematischen Sachkenntnissen beträchtlich vergrößert. Der Stoffdruck wirkte sich bereits von den Universitäten her auf die Oberstufe der höheren Schulen aus, wie etwa die Diskussion um die Differential- und Integralrechnung deutlich gemacht hat. Die geforderte Arbeitszeitkontraktion - auf der Schulkonferenz von 1890 wurde sogar für das Fach Rechnen von Hausaufgaben abgeraten ³⁾ - machte angesichts der notwendigen Stoffausweitung methodisch-didaktische Reformen unumgänglich.

1) vgl. Verhandlungen 1891, S. 44ff. und S. 422ff.

2) vgl. A. Graf 1912, S. 41; S. 261; F. Klein 1902, S. 257

3) vgl. Verhandlungen 1891, S. 427

Auch das durch die hohen Abbruchquoten auf den Gymnasien motivierte Interesse an einer abgerundeten Allgemeinbildung mittlerer Stufe, das sich stoffexpansiv auswirkte, tangierte den Mathematikunterricht der Gymnasien. Wenn F. Klein forderte:

"Nicht mehr der einzelne, besonders Begabte, sondern der Durchschnitt der Schüler soll gefördert werden." 1)

oder G. Bohle den Reformersfolg daran messen wollte, daß

"nicht nur wenige begabte, sondern alle Durchschnittsschüler zu einem wirklichen mathematischen Verständnis und zu selbständiger Bethätigung gelangen" 2),

so sehen wir hierin einen Beleg für die These, daß auch im Mathematikunterricht der Durchschnittsschüler, also derjenige, der zu den 60 bis 70 % gehörte, die das Gymnasium vorzeitig verließen, in den reformpolitischen Fokus gerückt war. Ihm sollte ein gediegenes, solides und praktisch nützliches mathematisches Wissen vermittelt werden. Die Zusammenhänge sind deutlich: Da die Mathematik zu einer wichtigen gesellschaftlichen Produktivkraft geworden war, konnte die mathematische Sachkompetenz auch nicht länger als eine Spezialqualifikation einer kleinen Elite vorbehalten werden, sondern mußte als integraler Bestandteil schon in die Allgemeinbildung mittlerer Stufe aufgenommen werden. Daraus resultierte ein neuer Stoffdruck ³⁾, den auch die Beseitigung überholter Gebiete (vgl. S. 83) nicht kompensieren konnte, und der sich insbesondere auf diejenigen Schüler auswirkte, deren Fassungsvermögen den Ergebnissen der pädagogischen Psychologie zufolge noch beschränkt und deren Belastungspotential gering war.

1) F. Klein 1902, S. 259

2) G. Bohle 1901/02, S. 833

3) z.B. durch die Vorverlagerung der sphärischen Trigonometrie aus der Oberstufe in die Untersekunda

F. Klein zog das Fazit:

"Darum wendet sich (auch beim mathematischen Unterricht) das Interesse in erster Linie der L e h r -
m e t h o d e zu." 1)

Gerade für die Unter- und Mittelstufe war darauf zu achten,

"...den Lehrgang mehr als bisher dem natürlichen Gange der geistigen Entwicklung anzupassen" 2).

Dies bedeutete, daß der Lehrer im Vertrauen auf die natürlichen Reifungs- und Entwicklungsprozesse vom Schüler keine mathematischen Leistungen erzwingen durfte. Er mußte

"die Langsamkeit, mit der die Schüler begreifen" 3)

akzeptieren und im Unterrichtsgeschehen berücksichtigen; er mußte geduldig abwarten:

"Es wird manches schon nach einem Jahr dem Sekundaner klar, was dem Obertertiärer durchaus nicht in den Kopf wollte." 4)

Nur auf diesem Weg konnte als "logischer Abschluß" der methodisch-didaktischen Reformen erreicht werden, daß

"das Individuelle zu Gunsten der gleichförmigen Durchschnittsleistung vollends zurückgefrängt" 5)

wurde.

Anders auf der Oberstufe. Da die Reformer davon ausgingen, daß hier zum einen die "besser begabten", zum anderen aber die älteren, physisch und psychisch stabileren Schüler unterrichtet wurden, konnten die pädagogisch-psychologischen Gesichtspunkte hier zurücktreten und den wissenschaftlichen Normen den Vorrang geben, zumal dies ohnehin der wissenschaftspropädeutischen Funktion der

1) F. Klein 1902, S. 259

2) ZmnU 36 (1905), S. 543

3) M. Simon 1908, S. 55

4) a.a.O., S. 182

5) F. Klein 1902, S. 261

gymnasialen Oberstufe entsprach. Um eine optimale Ausrichtung auf die speziellen Fachstudien zu gewährleisten, forderten die Meraner Pläne

"eine weitgehende Freiheit des Lehrers" ¹⁾,

manche Didaktiker sogar

"eine gewisse Lernfreiheit" ²⁾

des Schülers.

Am Rande sei noch auf ein begabungstheoretisches Implikat dieser Entwicklung aufmerksam gemacht. Die Forderung, jedem Durchschnittsschüler ein bestimmtes Pensum an mathematischen Kenntnissen und Fähigkeiten zu vermitteln, setzt notwendig voraus, daß jeder Schüler lernfähig sei. Der Erwerb mathematischer Qualifikationen durfte nicht länger unauflöslich an eine spezielle Begabung gebunden erscheinen, sondern mußte als der "normalen" geistigen Ausstattung und intellektuellen Kapazität des Schülers inhärent angesehen werden. Diese Revision des Begabungsbegriffes kommt deutlich bei M. Simon zum Ausdruck, wenn er die These von der

"besonderen mathematischen Begabung" ³⁾

als "Märchen" abtut, eine These, die immerhin in weiten Kreisen während des 19. Jahrhunderts vertreten worden war.

Zusammenfassend können wir die methodisch-didaktischen Reformen des Mathematikunterrichts um die Jahrhundertwende als einen fachspezifischen Beitrag zur Lösung der Überbürdungsfrage sehen, die in den achtziger und neunziger Jahren als der Ausdruck des Widerspruches zwischen notwendiger Stoffexpansion einerseits und politisch motivierten Forderungen nach Arbeitsentlastung der Schüler

1) ZmnU 36 (1905), S. 544

2) Ch. Beyel 1917, S. 331

3) M. Simon 1908, S. 25

andererseits zum brennenden Problem der herrschenden Schichten geworden war. Die Polarisierung des methodisch-didaktischen Interesses auf die Unter- und Mittelstufe ist im wesentlichen als eine unterrichtspolitische Anpassungsleistung an die hohen Abbruchquoten der Gymnasien zu deuten: Da den vorzeitig austretenden Schülern, vor allem den Absolventen der Untersekunde, eine sorgfältig abgerundete, auch auf die Erfordernisse des Berufslebens und des Militärdienstes bezogene Allgemeinbildung (mittleren Niveaus) zuteil werden sollte, als Folge dieser "Abrundung" aber ein zusätzlicher Stoffdruck auf den Lehrpensum der unteren und mittleren Klassen lastete, mußten die Verfahren der Stofforganisation und -vermittlung effektiviert werden. Die Inhalte der Reform-Methodik wurden weitgehend an den Resultaten der damals sich entfaltenden Disziplinen der pädagogischen Psychologie, Begabungs- und Lerntheorie orientiert.

8. Meraner Reform und "New Math" - ein Vergleich

Statt alle Ergebnisse der Arbeit im Detail nochmals zusammenzutragen, bringen wir im folgenden einen Vergleich der Meraner Reformen mit den gegenwärtigen Veränderungstendenzen des Mathematikunterrichts. Hierbei wird sich auch die kaum verminderte Aktualität der Meraner Reformen dokumentieren.

Knapp zusammengefaßt haben die Reformen des mathematischen Unterrichts um die Jahrhundertwende folgende historische Genese:

Während des Übergangs vom Konkurrenzkapitalismus zum imperialistischen und monopolistischen Spätkapitalismus im ausgehenden 19. Jahrhundert entfaltet sich die Wissenschaft zu einer gesellschaftlichen "Produktiv"- und Reproduktivkraft. Dementsprechend verändert sich auch die Qualifikationsstruktur der Arbeitskraft; die wissenschaftliche und die technologische Intelligenz bilden sich als eigene Berufskategorien heraus.

Die Verwissenschaftlichung wichtiger Produktions- und Reproduktionsbereiche auf der Grundlage mathematisierter Natur- und Technikwissenschaften erzeugt einen großen Bedarf an mathematischen Qualifikationen. Der herkömmliche Mathematikunterricht jedoch kann diesen Bedarf nicht decken: Er hat sich seit Beginn des 19. Jahrhunderts nicht wesentlich verändert, steht mithin noch auf der inhaltlichen und methodischen Stufe, die dem vorwissenschaftlichen Produktivitätsniveau der ersten Industrialisierungsphase entsprach. Daher wird eine umfassende Reform notwendig.

Das Reformgeschäft nehmen die von den sozioökonomischen Veränderungen betroffenen Gruppen und Individuen selbst in die Hand, um damit ihre materiellen, sozialen, stan-

despolitischen oder aber ihre Profitinteressen zu realisieren. Da diese Interessen sich darin decken, daß sie die wirtschaftlichen und politischen Verhältnisse und Tendenzen im wesentlichen affirmieren, führen sie auch zu relativ übereinstimmenden Handlungsvorschlägen. Die klare Interessenlage jeder Gruppe macht eine zügige, intensive Arbeit möglich, aus der bald konkret-inhaltliche und strikt auf gesellschaftliche Praxis bezogene Reformpläne hervorgehen.

Angesichts solcher Eigeninitiativen sind interventionistische Eingriffe des Staates unnötig; staatliche Maßnahmen können sich vielmehr darauf beschränken, die Vorschläge zu billigen, zu kodifizieren und ihre Realisierung "wohlwollend" zu unterstützen.

Obwohl die beiden Weltkriege und der den mathematischen Unterricht pragmatistisch auf ein Minimum zurückschraubende Nationalsozialismus die Lehrplan- und Unterrichtskontinuität immer wieder scharf durchbrechen, sind noch in den sechziger Jahren die meisten Lehrpläne, Lehrbücher und der Unterricht an den Meraner Vorschlägen ausgerichtet. Gerade im Hinblick auf die wesentlichen Leitprinzipien, wie den engen Praxisbezug, die Schulung des Anschauungsvermögens oder das Prinzip des funktionalen Denkens, bestätigen die Analysen von H. Lenné die unterrichtsgeschichtliche Reichweite und die methodisch-didaktische Kontinuität der "Traditionellen Mathematik". ¹⁾

Wie ist dieser langfristige "Erfolg" zu erklären?

Einen wesentlichen Grund sehen wir in dem Faktum, daß

1) vgl. H. Lenné 1969, S. 19f.; S. 54

hier Männer ¹⁾, die entweder selbst unmittelbar in der gesellschaftlichen Praxis standen oder aber sich dieser Praxis eng verpflichtet fühlten, eigene Interessen und Wünsche einbrachten und in Handlungsanweisungen für die Unterrichtspraxis umsetzten. Sie selbst waren die Garanten für eine optimale und innige Verklammerung gesellschaftlicher Erfordernisse und schulischer Qualifikation. Ihr enger Praxiskontakt ermöglichte ihnen zudem ein sicheres Urteil auch über längerfristige Entwicklungstrend. Für die Angemessenheit dieser Begründung kann uns die gegenwärtige Reformbewegung des Mathematikunterrichts einige Hinweise liefern. Ihre ökonomische Ausgangssituation ist an einer zentralen Stelle mit der der Meraner Reformen vergleichbar: Die Automation, d.h. die Steuerung von Produktionsabläufen durch sich selbst regulierende technische Systeme, die die Arbeit des Menschen im wesentlichen auf Planung und Kontrolle reduziert, ist eine die Produktivkraftentwicklung in ähnlicher Weise revolutionierende Innovation wie die im 19. Jahrhundert einsetzende konsequente Verwissenschaftlichung der Produktion. Auch die Automation schafft neue Qualifikationsbedürfnisse:

"Besonders bei Automatisierungen und Rationalisierungen spielt im Bereich der Prozeßsteuerung, Systemabwicklung und Untersuchung von Betriebs- und Arbeitsabläufen der Mathematiker eine immer größere Rolle.

Bei Planungen, Organisation und Ergebnisanalysen bieten sich auch neue Chancen." ²⁾

Ins öffentliche Bewußtsein traten diese technologischen Entwicklungen jedoch erst, als der Sputnikerfolg der Sowjetunion im Jahr 1957 auf eine wissenschaftlich-technolo-

1) Es handelte sich in der Tat ausschließlich um Männer; noch war das bürgerlich-patriarchalische Prinzip praktisch nicht in Frage gestellt.

2) Materialien zur Analyse der Berufspraxis des Mathematikers, hgg. von der Projektgruppe Mathematik in der Leistungsgesellschaft H. 3 (1971), S. 41.

gische Rückständigkeit der kapitalistischen Metropolen hindeutete. Zunächst erfaßte das "Sputnik-Syndrom" die USA, den Repräsentanten des kapitalistischen Lagers, und löste dort eine Art "Volksbewegung" für einen neuen Mathematikunterricht ("New Math") aus.¹⁾ In Deutschland, wo noch 1960 in der Saarbrücker Rahmenvereinbarung der KMK die Abwählbarkeit der Mathematik im alt- und neu-sprachlichen Schultyp am Ende der 11. oder 12. Klasse vorgesehen wurde²⁾, gab die OECD den Anstoß zu einer Reform des mathematischen Unterrichts. Sie ließ von einer fachwissenschaftlichen Expertengruppe (Mathematiklehrer an Universitäten, höheren Schulen und Lehrerbildungsstätten) eine Synopsis ausarbeiten (1959/60), die das Ziel hatte, Mittel zu finden, um

"das Arbeitskräftepotential (human manpower) bereit zu stellen, das eine moderne hochentwickelte Wirtschaft verlangt." 3)

Ohne nennenswerte Einblicke in die gesellschaftliche Praxis, für die sie planen sollten, z.B. ohne Material über die faktischen Arbeitsplatzstrukturentwicklungen⁴⁾, entnehmen diese Fachwissenschaftler und Pädagogen ihre Reformkriterien aus dem damals gerade aktuellen Strömungen der Hochschulmathematik, der Strukturmathematik der

1) vgl. H. Lenné 1969, S. 103ff.

2) vgl. G. Kropp 1962, S. 408ff.

3) Synopsis für moderne Schulmathematik 1964, S. V

4) 1967 wurde zum erstenmal ein Bericht über die derzeitige berufliche Situation des Mathematikers in Technik und Wirtschaft vorgelegt vom Berufsverband deutscher Mathematiker; vgl. S. 237, Anm. 2. Um den Bedarf an mathematischen Qualifikationen zu ermitteln, genügt es natürlich nicht, sich nur auf Berufsfelduntersuchungen des Mathematikers zu stützen; es müßten vielmehr die mathematischen Komponenten sämtlicher Berufe in ihrer Abhängigkeit von den je spezifischen historischen und gesellschaftlichen Umständen ermittelt werden.

Bourbaki-Gruppe¹⁾. Der Aspekt wissenschaftlich-technologischer Qualifizierung ging in die Überlegungen dieser Reformer allenfalls abstrakt-proklamatorisch ein.²⁾

Die ersten unterrichtspraktisch relevanten Ergebnisse der Reformaktivitäten lagen in den Nürnberger Rahmenrichtlinien von 1965 und in den "Empfehlungen und Richtlinien zur Modernisierung des Mathematikunterrichts an den allgemeinbildenden Schulen" der KMK von 1968 vor.

Neuerungen sind hier:

- Die Mengenlehre wird als eigenes Stoffgebiet eingeführt; die Mengensprech- und -schreibweise wird konsequent verwandt.
- Es werden moderne strukturelle Leitbegriffe benützt, wie "Ring", "angeordneter Ring", "multiplikative Gruppe", usw.
- Die Vektorrechnung und die Abbildungsgeometrie werden behandelt.
- Auf der Oberstufe wird ein streng axiomatischer Aufbau eines mathematischen Teilgebietes verlangt; die axiomatische Topologie wird vorbereitet.

Weggefallen sind früher wichtige Gebiete wie die Trigonometrie, die darstellende Geometrie, geometrische Örter, die Taylor-Formel, die "Krümmung" und die "Bodenlänge", also Gebiete, die teilweise von großem technischen Interesse sind. Auch auf das Rechnen (wir erinnern an seine große Bedeutung im Zusammenhang mit der "politischen Arithmetik") wird weniger Wert gelegt.³⁾

1) Unter dem Pseudonym Nikola Bourbaki arbeitet eine (fluktuierende) Gruppe von französischen Mathematikern. In ihrem Werk wird die Strukturmathematik systematisch aufgebaut.

2) Auch die entwicklungspsychologischen Argumente zur New Matz ("Mathematik als Spiel") bleiben schwache, nicht eben stichhaltige Legitimationsversuche; vgl. A. Birner, u.a. 1974, S. 21ff.

3) vgl. P. Fuchs, G. Stumpf 1975, S. 2 - 4

Die KMK-Empfehlungen sind seit 1972 für die allgemeinbildenden Schulen verbindlich; doch es zeichnen sich jetzt schon Tendenzen ab, die - wie wir vermuten - längerfristig diese Reformlehrpläne zur Makulatur werden lassen:

- Neuere Berufsfeldanalysen zeigen, daß die Mengenlehre und Strukturuntersuchungen im allgemeinen keine wichtige Rolle in der Praxis spielen; die "Flüssigkeit der Arbeitskraft" ¹⁾ wird allenfalls für wissenschaftlich-technisch hochqualifizierte Berufe durch das Erlernen algebraischer und topologischer Strukturen erhöht.
- Auch an den Universitäten hat die Hochschulreform in den mathematischen Fachbereichen dazu geführt, daß die reine, teilweise anwendungslose Mathematik zugunsten einer stärker anwendungsbezogenen Mathematik zurückgedrängt wurde. Es werden gegenwärtig überwiegend Institute für Informatik eingerichtet oder ausgebaut, Lehrstühle für Statistik, Datenverarbeitung, Operations Research, Biomathematik, Wirtschaftsmathematik, usw. vermehrt; die anwendungsorientierte Fachliteratur erscheint zahlreich und findet weite Verbreitung ²⁾.
- Sogar in der neueren fachdidaktischen Literatur nimmt der Anteil von Beiträgen zur angewandten Mathematik zu. ³⁾

1) vgl. Kapitalistische Hochschulreform 1972, S. 36f.

2) vgl. P. Fuchs, G. Stumpf 1975, S. 7

3) P. Fuchs, G. Stumpf 1975, S. 8f:
Im 21. Bd. (1968) der Zeitschrift "Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht" werden behandelt:

Strukturthemen	38 Seiten = 50 %
Kombinatorik	3 Seiten = 4 %
Anwendungen	28 Seiten = 36 %
Rest (Berichte, Traditionelles, Geschichte)	7 Seiten = 10 %

Dagegen im 26. Bd. (1973), Heft 1 - 7:

Strukturthemen	20 Seiten = 20 %
Kombinatorik	11 Seiten = 11 %
Anwendungen	62 Seiten = 61 %
Rest	9 Seiten = 8 %

Solche Tendenzen wurden bereits von der Öffentlichkeit registriert. Aus verschiedensten Kreisen mehrten sich die kritischen Stimmen zur gegenwärtigen Unterrichtsreform. ¹⁾ Die Hessischen Rahmenrichtlinien von 1972 haben dann diese Kritik schon ansatzweise verarbeitet; hier

"... werden keine strukturellen Leitbegriffe benutzt; in den einleitenden Abschnitten - z.B. der Kapitel über Zahlbereichserweiterungen - erscheint stattdessen ein Hinweis auf umweltbezogene Anwendungen..." ²⁾

Eine rückläufige Tendenz bahnt sich auch in der modernen Mathematik in den Volksschulen an. So wurde auf einer Arbeitsbesprechung der mittelfränkischen Schulräte in Ansbach beschlossen, den Mathematikunterricht wieder praxisbezogen zu machen und die Mengenlehre in den ersten und zweiten Grundschulklassen zu kürzen. ³⁾

Was als umfassende wissenschaftliche Reform des Mathematikunterrichts zunächst die Begeisterung vieler Didaktiker und Lehrer hervorrief, erweist sich jetzt mehr und mehr als

"die schreckliche Reformwelle der Kultusminister." ⁴⁾

(Solche Zahlen können die Tendenz zur anwendungsorientierten Mathematik nur andeuten: ein Beleg muß natürlich umfassender und genauer geführt werden.)

- 1) Hochschullehrer nehmen kritisch Stellung zur Unterrichtsreform; vgl. die Stellungnahme zur Mengenlehre in der Schule der Deutschen Vereinigung für mathematische Logik und Grundlagenforschung der exakten Wissenschaften im Mai 1973. Ärzte, Lehrer und Eltern formieren sich zu einer starken Front der Mengenlehre-Gegner; vgl. die Popularklage vor dem Bayerischen Verfassungsgerichtshof auf Feststellung der Verfassungswidrigkeit der Mengenlehre, Süddeutsche Zeitung vom 9.10. 2. 1974. Auch in den Medien wird das "pro und contra Mengenlehre" heftig diskutiert. - Nach wie vor begeistert scheint einzig die Lehr- und Lernmittelindustrie, der die moderne Mathematik einen breiten Absatzmarkt eröffnet hat.
- 2) P. Fuchs, G. Stumpf 1975, S. 9
- 3) vgl. Erlanger Tagblatt vom 12. 2. 1974
- 4) ebd.

Vergleichen wir diesen Reformablauf mit den Meraner Ereignissen, so liegen die Gründe für die tendenziellen Fehlentwicklungen im Mathematikunterricht seit den sechziger Jahren auf der Hand. Um die Jahrhundertwende übernahmen gesellschaftliche Gruppen, die unmittelbar in der einen oder anderen Weise von den sozioökonomischen Umwälzungen betroffen waren, spontan und eigeninitiativ die Reformaufgaben. Sie bedurften keiner theoretischen Arbeitsplatzstrukturenanalysen, da sie die Erfordernisse aus ihrer eigenen Praxis kannten und in pädagogische Anweisungen umsetzen konnten. Der Zweck, den Unterricht auf die gesellschaftliche Praxis zu beziehen, war für sie keine rhetorische Phrase, sondern entsprach einem ureigensten Interesse.

Ganz anders in den sechziger Jahren: Ein fachwissenschaftlich orientiertes, von staatlichen Behörden eingesetztes "Expertengremium" arbeitete von einem fachwissenschaftlich restringierten, wissenschaftshistorisch eher zufälligen Ausgangspunkt aus auf ein global-umfassendes Ziel hin:

"eine Steigerung des Sozialprodukts um 50 %" 1)

Sie arbeiteten blind gegenüber den konkreten praktischen Verhältnissen, für die sie aber zu qualifizieren vorgab. Dies ist in der anfänglichen Reformeuphorie nicht klar genug gesehen worden. Doch schon deutet vieles darauf hin, daß sich in absehbarer Zeit manches verändern wird; wesentliche Teile der New Math werden wieder getilgt werden. Der Praxisbezug, das neue wichtige Leitprinzip der Meraner Pläne, wird wieder voll rehabilitiert werden, unter der Hand vielleicht und mit neuem, den seit der Jahrhundertwende veränderten "Umwelt"bedingungen angepaßtem Inhalt.

Damit aber haben sich die Meraner Vorschläge letztlich doch wieder als den spätkapitalistischen Verhältnissen angemessene, nur jeweils situationsspezifisch zu modifizierende Rahmenpläne für den mathematischen Unterricht erwiesen.

1) Synopsis für moderne Schulmathematik 1964, S. V

Literaturverzeichnis:

Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland, veranlaßt durch die Internationale mathematische Unterrichtskommission, hgg. v. F. Klein, Bd. 1 - 5, Leipzig und Berlin 1909 bis 1916 (zitiert als IMUK-Abhandlungen)

E. Altvater/F. Huisken (Hrsg.) 1971, Materialien zur politischen Ökonomie des Ausbildungssektors, Erlangen

F. Auerbach 1918, Ernst Abbe. Sein Leben, sein Wirken, seine Persönlichkeit, Leipzig

M. Baethge o.J. (1970), Ausbildung und Herrschaft. Unternehmerinteressen in der Bildungspolitik, Frankfurt/M.

E. Barth 1971, Die Einwirkung der Reichsgründung von 1871 auf die Entwicklung der deutschen Maschinenbauindustrie bis etwa 1900, in: H. Bartel/E. Engelberg (Hrsg.) 1971, Die großpreußisch-militaristische Reichsgründung 1871, Bd. 2, Berlin, S. 485 - 516

P. Barth 1925^{V u. VI}, Die Geschichte der Erziehung in sozialogischer und geistesgeschichtlicher Beleuchtung, Leipzig

A. Baumeister (Hrsg.) 1895ff., Handbuch der Erziehungs- und Unterrichtslehre für höhere Schulen, München

H. Behnke 1953, Der mathematische Unterricht und die Schulreformen, in: Math.-Phys. Semesterberichte 3 (1953), S.1 - 15

H. Behnke (Hrsg.) 1954, Der mathematische Unterricht für die sechzehn- bis einundzwanzigjährige Jugend in der BRD, Göttingen

H. Behnke 1972, Ein Streifzug durch 150 Jahre mathematischer Vorlesungen an deutschen Universitäten. Zur Dialektik der mathematischen Vorlesungen, in: Zentralblatt für Didaktik der Mathematik Jahrgang 4, Heft 4 (1972), S. 146 - 154

Berichte und Mitteilungen veranlaßt durch die IMUK, Leipzig und Berlin, 1909 - 1917, hgg. v. W. Lietzmann

J. D. Bernal 1967^{III}, Die Wissenschaft in der Geschichte, Berlin

Chr. Beyel 1912, Über die Anlage zur Mathematik, in: ZmnU 43 (1912), S. 321 - 335

A. Birner, u.a. 1974, Mengenlehre oder: Die Erziehung zur Gleichgültigkeit gegen Inhalte, in: päd. extra 1 (74), S. 13 - 24

- F. Blättner 1960, Das Gymnasium. Aufgaben der höheren Schule in Geschichte und Gegenwart, Heidelberg
- P. Bode 1911, Die Reform des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts an höheren Schulen in der Gegenwart, Lehrte, Diss. phil.
- G. Bohle 1901/1902, Die Reformbestrebungen im mathematischen Unterricht und die neuesten Lehrpläne und Lehraufgaben für die höheren Schulen in Preußen, in: Zeitschrift für höhere lateinlose Schulen 13 (1901/02), S. 73 - 83
- G. Bohlmann 1900, Ueber Versicherungsmathematik, in: F. Klein/E. Riecke 1900, S. 114 - 145
- H. Böhme 1969^{III}, Prolegomena zu einer Sozial- und Wirtschaftsgeschichte Deutschlands im 19. und 20. Jahrhundert, Frankfurt/M.
- K. Bolte/D. Kappe 1967, Struktur und Entwicklung der Bevölkerung, Opladen
- B. Booss 1969, Die objektive Stellung der Mathematik in der wissenschaftlich-technischen Revolution, in: Th. Kieselbach/P. Marwedel (Hrsg.), Emanzipation oder Disziplinierung. Zur Studienreform 1967/68, Köln 1969
- K. Borchardt 1972, Die industrielle Revolution in Deutschland, München
- K. E. Born 1960, Von der Reichsgründung bis zum ersten Weltkrieg, in: B. Gebhardt, Handbuch der deutschen Geschichte, Bd. 3, 8. Aufl., hgg. v. H. Grundmann, Stuttgart, S. 194 - 313
- R. Braun, u.a. (Hrsg.) 1972, Industrielle Revolution. Wirtschaftliche Aspekte, Köln-Berlin
- C. v. Braunnmühl 1973, Weltmarktbewegung des Kapitals, Imperialismus und Staat, in: C. v. Braunnmühl, u.a., Probleme einer materialistischen Staatstheorie, Frankfurt/M., S. 11 - 91
- C. v. Braunnmühl 1974, Kapitalakkumulation im Weltmarktzusammenhang. Zum methodischen Ansatz einer Analyse des bürgerlichen Nationalstaats, in: Gesellschaft. Beiträge zur Marxschen Theorie I, hgg. v. H.-G. Backhaus, u.a. 1974^I, Frankfurt/M., S. 30 - 51
- G. Büll/H. Jung 1973, Zur gesellschaftlichen Bedingtheit der Mathematik, Bochum, unveröff. Diplomarbeit
- P. Bulthaup 1973, Zur gesellschaftlichen Funktion der Naturwissenschaften, Frankfurt/M.
- M. Caspar 1913, Die Reform der höheren Schulen in Preußen, Berlin

Centralblatt für die gesamte Unterrichts-Verwaltung in Preußen, hgg. in dem Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, Berlin

E. Czuber 1903, Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung auf Fehlerausgleichung, Statistik und Lebensversicherung, Leipzig

P. Damerow/Chr. Keitel o.J., Mengenlehre und Disziplin. Zur Didaktik des Mathematikunterrichts, in: Materialien zur Klassenschule 1, S. 12 - 38

F. Delekat 1968^{III} (1926^I), Johann Heinrich Pestalozzi. Der Mensch, der Philosoph und der Erzieher, Heidelberg

F. Delekat 1963, Immanuel Kant. Historisch-kritische Interpretation der Hauptschriften, Heidelberg

O. Dillmann 1889, Die Mathematik, die Fackelträgerin einer neuen Zeit, Stuttgart

C. Duisberg 1933, Meine Lebenserinnerungen (hgg. v. J. v. Puttkamer), Leipzig

Deutsche Schulgesetzgebung 1968, Bd. 1: Brandenburg, Preußen und das Deutsche Reich bis 1945, Weinheim.Berlin.Basel

F. Drenckhahn (Hrsg.) 1958, Der mathematische Unterricht für die sechs- bis fünfzehnjährige Jugend in der BRD, Göttingen

Empfehlungen und Richtlinien der Kultusminister-Konferenz zur Modernisierung des Mathematikunterrichts an den allgemeinbildenden Schulen vom 3. Oktober 1968, abgedruckt in: betrifft: erziehung H. 10 (1968), S. 35 - 36

Erlanger Stellungnahme zu den "Empfehlungen und Richtlinien der Kultusminister-Konferenz zur Modernisierung des Mathematikunterrichts an den allgemeinbildenden Schulen" vom 3. Oktober 1968 1969, in: betrifft: erziehung 11 (1969), S. 34 - 35

I. M. Faingar 1959, Die Entwicklung des deutschen Monopolkapitals. Grundriß, Berlin

A. Fessel 1959, Die Auffassung mathematischer Theorien und ihr Einfluß auf den Mathematikunterricht, in: Internationale Zeitschrift für Erziehungswissenschaft V (1959), S. 176 - 186

H.-J. Flechtner 1959, Carl Duisberg. Vom Chemiker zum Wirtschaftsführer, Düsseldorf

H. Fleischer 1970, Marxismus und Geschichte, Frankfurt/M.

- K. Fricke 1908, Die heutige Lage des naturwissenschaftlich-mathematischen Unterrichts an höheren Schulen, in: A. Gutzmer (Hrsg.) 1908, S. 21 - 43
- P. Fuchs/G. Stumpf 1975, Veränderungstendenzen im Mathematikunterricht, Frankfurt/M., unveröff. Manuskript
- Ph. Furtwängler/G. Ruhm 1914, Die mathematische Ausbildung der deutschen Landmesser, in: IMUK-Abhandlungen Bd. IV Heft 8, Leipzig und Berlin
- C. F. Gauß und die Landvermessung in Niedersachsen 1965, Hannover
- M. Gebhardt 1908, Das Geschichtliche im mathematischen Unterrichte, Vitzthum-Gymnasium Dresden
- M. Gebhardt 1912, Die Geschichte der Mathematik im mathematischen Unterricht an den Höheren Schulen Deutschlands, in: IMUK-Abhandlungen Bd. III Heft 6, Leipzig und Berlin
- M. Gebhardt 1931, 25 Jahre Meraner Reform und die heutige Lage des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, in: Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften 37. Jg. (1931), S. 169 - 176
- H. Gericke 1951/52, Zur Geschichte des mathematischen Denkens, in: Math.-Phys. Semesterberichte 2 (1951/52), S. 71-97
- Goering 1908, Eine Abiturientenprüfung im funktionalen Denken, in: ZmnU 39 (1908), S. 91 - 92
- E. Götting 1902, Über das Lehrziel im mathematischen Unterricht der höheren Reallehranstalten, in: Jahresbericht der DMV 11 (1902), S. 189 - 197
- P. Gordan/W. Alexejew 1900, Übereinstimmungen der Formeln für Chemie und die Invariantentheorie, in: Zeitschrift für physikalische Chemie Bd. 14 (1900), S. 610 - 639
- A. Graf 1912, Schülerjahre, Berlin-Schöneberg
- K. H. Günther, u.a. 1969^{IX}, Geschichte der Erziehung, Berlin
- S. Günther 1887, Geschichte des mathematischen Unterrichts im deutschen Mittelalter bis zum Jahre 1525, Berlin
- S. Günterorth (Hrsg.) 1972, Die technisch-wissenschaftliche Intelligenz. Beschreibung einer Berufsgruppe, Reinbek bei Hamburg
- A. Gutzmer 1904, Geschichte der DMV, von ihrer Begründung bis zur Gegenwart, Leipzig

A. Gutzmer (Hrsg.) 1908, Die Tätigkeit der Unterrichtskommission der GDNA, Leipzig und Berlin

J. Habermas 1971^V, Strukturwandel der Öffentlichkeit. Untersuchungen zu einer Kategorie der bürgerlichen Gesellschaft, Neuwied und Berlin

H. Halfmann 1902, Die Verhältnisse in Nichtvollanstalten, in: W. Lexis (Hrsg.) 1902, S. 343 - 362

R. Hamann/J. Hermand 1959, Deutsche Kunst und Kultur von der Gründerzeit bis zum Expressionismus, Bd. 2: Naturalismus, Berlin

R. Hamann/J. Hermand 1960, Deutsche Kunst und Kultur von der Gründerzeit bis zum Expressionismus, Bd. 3: Impressionismus, Berlin

G. H. Hardy 1967 (1940^I), A Mathematician's Apology, Cambridge

B. Harms 1901, Handwerkersöhne an höheren Lehranstalten, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, 3. Folge 21. Bd. (1901), Jena

K. Hartmann/F. Nyssen/H. Waldeyer (Hrsg.) 1974, Schule und Staat im 18. und 19. Jahrhundert, Frankfurt/M.

T. L. Heath 1955 (1908^I), The Thirteen Books of Euclid's Elements, New York, 3 Bde.

K. Heinig (Hrsg.) 1970, Biographien bedeutender Chemiker, Berlin, bearbeitete und ergänzte Aufl.

W. O. Henderson 1971, Die Industrielle Revolution. Europa 1780 - 1914, Wien-München-Zürich

H.-J. Heydorn/G. Koneffke 1973, Studien zur Sozialgeschichte und Philosophie der Bildung, Bd. II: Aspekte des 19. Jahrhunderts in Deutschland, München

K. Hintze 1927, Die Arbeiterfrage zu Beginn des modernen Kapitalismus in Brandenburg-Preußen, Berlin

J. Hirsch 1970, wissenschaftlich-technischer Fortschritt und politisches System. Organisation und Grundlagen administrativer Wissenschaftsförderung in der BRD, Frankfurt/M.

J. Hirsch 1973, Elemente einer materialistischen Staatstheorie, in: C. v. Braunmühl, u.a. 1973, Probleme einer materialistischen Staatstheorie, Frankfurt/M., S. 199 - 266

E. J. Hobsbawm 1970^{II} (1969^I), Industrie und Empire 2 Britische Wirtschaftsgeschichte, Frankfurt/M.

- A. Höfler 1910, Didaktik des Mathematischen Unterrichts, Leipzig und Berlin
- W. G. Hoffmann (unter Mitarbeit v. F. Grumbach und H. Hesse) 1965, Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Berlin. Heidelberg. New York
- K. Holzkamp 1974, Die historische Methode des wissenschaftlichen Sozialismus und ihre Verknennung durch J. Bischoff, in: Das Argument 84 (1974), S. 1 - 75
- G. Holzmüller 1903, Sind die Elemente der Differential- und Integralrechnung in den Unterricht der höheren Schulen einzuführen?, in: Monatsschrift für höhere Schulen Jg. 2 (1903), Berlin, S. 537 - 544
- G. Hortleder 1970, Das Gesellschaftsbild des Ingenieurs. Zum politischen Verhalten der Technischen Intelligenz in Deutschland, Frankfurt/M.
- F. Huisken 1972, Zur Kritik bürgerlicher Didaktik und Bildungsökonomie, München
- Jahresberichte der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV) 1 (1890/91)ff, Berlin
- Jahresbericht des Oberlehrervereins von Ost- und Westpreußen für 1907/08, Könitz 1908
- P. Janich/F. Kambartel/J. Mittelstraß 1974, Wissenschaftstheorie als Wissenschaftskritik, Frankfurt/M.
- F. Janossy 1966, Das Ende der Wirtschaftswunder. Erscheinung und Wesen der wirtschaftlichen Entwicklung, Frankfurt/M.
- O. Kämmel 1901, Der Kampf um das humanistische Gymnasium, Leipzig
- F. Kambartel 1968, Erfahrung und Struktur. Bausteine zu einer Kritik des Empirismus und Formalismus, Frankfurt/M.
- Kapitalistische Hochschulreform 1972, Marxistische Gruppe Erlangen-Nürnberg (Hrsg.), Erlangen
- A. Kauffeldt (Hrsg.) 1963, Deutsche Techniker aus sechs Jahrhunderten, Leipzig
- H. Keferstein 1897, Mathematik in höheren Lehranstalten, in: W. Rein (Hrsg.), Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik, Bd. V (1906II), S. 803 - 813
- K. Keller 1925, Die soziale Herkunft der Schüler höherer Lehranstalten, in: Zeitschrift des Preußischen Statistischen Landesamtes (1925), S. 392ff.

F. Klein 1893, Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen (Das sogenannte Erlanger Programm von 1872) in: Mathematische Annalen 43 (1893), wiederabgedruckt in: F. Klein 1921, Gesammelte mathematische Abhandlungen Bd. 1, Berlin

F. Klein 1896, Die Anforderungen der Ingenieure und die Ausbildung der mathematischen Lehramtskandidaten (Vortrag, gehalten im Hannoverschen mathematischen Verein am 20. April 1896), in: ZmnU 27 (1896), S. 306 - 310

F. Klein 1898, Zur Frage des höheren mathematischen Unterrichts, in: Verhandlungen des ersten Internationalen Mathematiker-Kongresses in Zürich vom 9. bis 11. August 1897, hgg. v. F. Rudio 1898, Leipzig, S. 300 - 306

F. Klein 1900, Über die Neueinrichtungen für Electrotechnik und allgemeine technische Physik an der Universität Göttingen, in: Klein/Riecke (Hrsg.) 1900, S. 243 - 250

F. Klein 1902, "Der Unterricht in der Mathematik, in: Die Reform des höheren Schulwesens in Preußen, hgg. v. W. Lexis (Hrsg.) 1902, S. 253 - 264, abgedruckt unter dem Titel: Hundert Jahre mathematischer Unterricht an den höheren preussischen Schulen in: Klein/Riecke 1904, S. 63 - 77

F. Klein 1904, Über eine zeitgemäße Umgestaltung des mathematischen Unterrichts, in: Klein/Riecke 1904, S. 1 - 32

F. Klein 1921 - 23, Gesammelte mathematische Abhandlungen, 2 Bde., Berlin

F. Klein 1925^{III} (1908/09^I), Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus, 2 Bde., Berlin

F. Klein 1926 - 1927, Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert, 2 Bde., Berlin

Felix Klein. Zur Feier seines siebenzigsten Geburtstages, in: Die Naturwissenschaften, 7. Jg. 25. April 1919, H. 17, S. 276 - 317

F. Klein/E. Riecke 1900, Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen, Leipzig

F. Klein/E. Riecke 1904, Neue Beiträge zur Frage des mathematischen und physikalischen Unterrichts an den höheren Schulen. Vorträge gehalten bei Gelegenheit des Ferienkurses für Oberlehrer der Mathematik und Physik Göttingen, Ostern 1904, Leipzig und Berlin

Fritz Klein 1972^{III}, Deutschland von 1897 bis 1917, Berlin

K. Knopp 1928, Mathematik und Kultur, in: Preussische Jahrbücher 211 (1928), S. 183 - 300

- H. König 1962, Imperialistische und militaristische Erziehung in den Hörsälen und Schulstuben Deutschlands 1870 - 1960 (Vorlesungen), Berlin
- Kramer 1890, Bericht über die Jenaer Tagung 1890, in: ZmnU 21 (1890), S. 614f.
- D. Krause-Vilmar 1972, Materialien zur Sozialgeschichte der Erziehung, in: Zeitschrift für Pädagogik 3 (1972), S. 357 - 372
- J. Kretzschmar 1912, Entwicklungspsychologie und Erziehungswissenschaft. Eine pädagogische Studie auf entwicklungstheoretischer, ethnologischer und kulturhistorischer Grundlage, Leipzig
- W. Kroebe 1963, Die Notwendigkeit einer Pflege naturwissenschaftlich-mathematischer Bildung und die Ausbildungstendenzen an unseren höheren Schulen, in: Die Naturwissenschaften 50. Jg. (1963), S. 105 - 112
- G. Kropp 1962, Die Durchführung der Saarbrücker Rahmenvereinbarung im Hinblick auf Mathematik und Naturwissenschaften, in: Zeitschrift für Pädagogik Jg. 8 (1962), S. 408 - 416
- G. Kropp 1969, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, Mannheim
- Krumme 1890, Woher rührt die Überfüllung der gelehrten Fächer, und durch welche Mittel ist derselben am wirksamsten entgegenzutreten?, in: ZmnU 21 (1890), S. 144 - 151
- J. Kuczynski 1948, Die Bewegungen der deutschen Wirtschaft von 1800 bis 1946, Meisenheim am Glan, 2. durchgesehene und erweiterte Auflage
- J. Kuczynski 1962, Die Geschichte der Lage der Arbeiter unter dem Kapitalismus, Bd. 14: Zur Frühgeschichte des deutschen Monopolkapitals und des staatsmonopolistischen Kapitalismus, Berlin
- E. Lampe 1893, Die Entwicklung der Mathematik im Zusammenhang mit der Ausbreitung der Kultur, in: ZmnU 24. Jg. (1893), S. 287 - 300
- A. Lange 1961, Berlin zur Zeit Babels und Bismarcks, Berlin
- W. Lazarus 1890, Die soziale Gesetzgebung und die Mathematik, in: Festschrift herausgegeben von der Mathematischen Gesellschaft in Hamburg, anlässlich ihres 200jährigen Jubelfestes 1890, S. 158 - 162
- Lehrmittelschau, Deutsches Zentralorgan für das gesamte Lehrmittelwesen und Schulzimmerausstattung, Beilage der Zeitschrift "Deutsche Schulpraxis", hg. v. R. Seyfert

A. Leisewitz 1972, Die Auswirkungen der Verwissenschaftlichung der Produktion auf die Monopolbildung und auf das Verhältnis von Ökonomie und Politik dargestellt am Beispiel der chemischen Industrie, in: Das Argument 73 (Juni 1972), S. 444 - 508

H. Lenné 1969, Analyse der Mathematikdidaktik in Deutschland, hgg. v. W. Jung in Verbindung mit der Arbeitsgruppe für Curriculum-Studium, Stuttgart

W. Lexis (Hrsg.) 1893, Die Deutschen Universitäten - Für die Universitätsausstellung in Chicago 1893, Berlin, 2 Bde.

W. Lexis (Hrsg.) 1902, Die Reform des höheren Schulwesens in Preußen, Halle a.S.

W. Lietzmann 1908, Die Grundlagen der Geometrie im Unterricht (mit besonderer Berücksichtigung der Schulen Italiens), in: ZmnU 39 (1908), S. 177 - 191

W. Lietzmann 1910, Die Organisation des mathematischen Unterrichts an den höheren Knabenschulen in Preußen, in: IMUK-Abhandlungen Bd. 1 Heft 2, Leipzig und Berlin

W. Lietzmann/E. Geck/H. Cramer 1913, Neue Erlasse in Bayern, Württemberg und Baden, in: IMUK-Abhandlungen Bd. II Heft 8 1913, Leipzig und Berlin, S. 15ff.

W. Lietzmann 1914a, Die Einführung der Elemente der Differential- und Integralrechnung in die höheren Schulen, in: ZmnU 45 (1914), S. 145 - 160

W. Lietzmann 1914b, "Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht im Dienste der militärischen Vorbereitung der Jugend, in: ZmnU 45 (1914), S. 609 - 623

W. Lietzmann 1949, Schulreform und mathematischer Unterricht, Heidelberg

W. Lietzmann 1960, Aus meinen Lebenserinnerungen, hgg. v. K. Fladt, Göttingen

L. Liewald 1909, Die Anschaulichkeit im geometrischen Anfangsunterricht, in: ZmnU 40 (1909), S. 385 - 417

F. Lindemann 1904, Lehren und Lernen in der Mathematik, Rektoratsrede München 1904

P. Lorenzen 1960, Die Entstehung der exakten Wissenschaften, Berlin-Göttingen-Heidelberg

P. Lorenzen 1965, Differential und Integral, Frankfurt/M.

P. Lorenzen/O. Schwemmer 1973, Konstruktive Logik, Ethik und Wissenschaftstheorie, Mannheim

W. Lorey 1909, Die mathematischen Wissenschaften und die Frauen, in: Zs. 'Frauenbildung' 1909, S. 161 - 178

W. Lorey 1911, Staatsprüfung und praktische Ausbildung der Mathematiker an den höheren Schulen in Preußen und einigen norddeutschen Staaten, IMUK-Abhandlungen Bd. I Heft 3 (1911), Leipzig und Berlin

W. Lorey 1916, Das Studium der Mathematik an den deutschen Universitäten seit Anfang des 19. Jahrhunderts, IMUK-Abhandlungen Bd. III Heft 9 (1916), Leipzig und Berlin

W. Lorey 1938, Der deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. 1891 - 1938, Frankfurt/M.

E. Mach 1933^{IX}, Die Mechanik, historisch-kritisch dargestellt, Leipzig (1. Auflage 1883)

E. Mach 1908, Über den relativen Bildungswert der philologischen und der mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer, in: Schriften des Vereins für Schulreform Heft 1, Wien, S. 3 - 32 (Vortrag, gehalten in Dortmund am 16. April 1886)

K. H. Manegold 1868, Felix Klein als Wissenschaftsorganisator. Ein Beitrag zum Verhältnis von Naturwissenschaften und Technik im 19. Jahrhundert, in: Technikgeschichte Bd. 35 Nr. 3 (1968) hgg. v. VDI, S. 177 - 204

K. H. Manegold 1970, Universität, Technische Hochschule und Industrie, Berlin

M. Marković 1971^{III}, Dialektik der Praxis, Frankfurt/M.

M. Masuch 1972, Politische Ökonomie der Ausbildung. Lernarbeit und Lohnarbeit im Kapitalismus, Reinbek bei Hamburg

Materialien zur Analyse der Berufspraxis des Mathematikers 1971, hgg. von der Projektgruppe Mathematik in der Industriegesellschaft, Heft 3, Bielefeld

C. Matschoss 1919, Ein Jahrhundert deutscher Maschinenbau 1819 - 1919, Berlin

W. Memmert 1968, Die Geschichte des Wortes "Anschauung" in pädagogischer Hinsicht von Platon bis Pestalozzi, Diss. phil. Erlangen

A. Messer 1901, Die Reformbewegung auf dem Gebiete des preußischen Gymnasialwesens von 1882 bis 1901, Berlin

A. Mette/I. Winter 1968, Geschichte der Medizin. Einführung in ihre Grundzüge, Berlin

Ministerialblatt für Kirchen- und Schulangelegenheiten im Königreich Bayern, Nr. 14 v. 10. 6. 1914

E. Meumann 1901, Entstehung und Ziele der experimentellen Pädagogik, in: Die deutsche Schule 5 (1901)

J. Mittelstraß 1973, Metaphysik der Natur in der Methodologie der Naturwissenschaften, in K. Hübner/A. Menne (Hrsg.) 1973, Natur und Geschichte, Kongreßbericht vom X. Deutschen Kongreß für Philosophie, Kiel 8. - 12. Oktober 72, Hamburg

P. Moldenhauer 1922, Versicherungswesen, in: Grundriß der Sozialökonomie bearb. v. Brinkmann, u.a. VII. Abt., Tübingen, S. 301 - 334

Monatsschrift für höhere Schulen 1902 - 1937, Jg. 1 - 36, Berlin

G. Monge 1798 (dtsh. Übersetzung 1900), Darstellende Geometrie, dtsh. Übers. Leipzig

H. Motteck/Blumberg/Wutzmer/Becker 1960, Studien zur Geschichte der industriellen Revolution in Deutschland, Berlin

H. Motteck/W. Becker/A. Schröter 1974, Wirtschaftsgeschichte Deutschlands. Ein Grundriß, Bd. III, Berlin

C. Müller 1904, Studien zur Geschichte der Mathematik, insbesondere des mathematischen Unterrichts an der Universität Göttingen im 18. Jahrhundert, Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften, Bd. XVIII, Leipzig

F. v. Müller 1911, Welche Mittelschulbildung ist für das Studium der Medizin wünschenswert, in: ZmnU (1911), S. 228 - 237

W. Münzinger 1971, Moderne Mathematik, Gesellschaft und Unterricht, Weinheim-Berlin-Basel

M. Nath, Die preußischen Lehrpläne für den mathematischen Unterricht am Gymnasium und die Vorschläge der Breslauer Unterrichtskommission, in: Jahresbericht der DMV, Bd. XV (1906), S. 93 - 116

J. Neander 1974, Mathematik und Ideologie. Zur politischen Ökonomie des Mathematikunterrichts, Starnberg

F. Neigenfind 1961, Zur Methodik des Beweisens und Herleitens mathematischer Aussagen im Unterricht, Berlin

F. Neigenfind 1973, Über das pädagogische Problem der Anschauung, 1. Tl., in: Jahrbuch für Erziehungs- und Schulgeschichte, 13 (1973), S. 115ff.

W. Nernst, A. Schoenflies 1895^I, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, München und Berlin

E. Netto 1901, Lehrbuch der Combinatorik, Leipzig

G. Neuhaus 1911, Die berufliche und soziale Gliederung des deutschen Volkes. Auf Grund der Ergebnisse der Berufszählungen von 1882, 1895 und 1907, M. Gladbach

G. Neuhaus 1926, Die berufliche und soziale Gliederung der Bevölkerung im Zeitalter des Kapitalismus, S. 360 - 459, und: Die Bewegung der Bevölkerung im Zeitalter des modernen Kapitalismus, S. 460 - 505, beides in: Grundriß der Sozialökonomik, IX. Abteilung, Tübingen

H. Nußbaum 1970, Zur Imperialismustheorie W. I. Lenins und zur Entwicklung staatsmonopolistischer Züge des deutschen Imperialismus bis 1914, in: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 1970 Teil IV, Berlin 1971, S. 25 - 65

F. Nyssen 1969, Schule im Kapitalismus. Der Einfluß wirtschaftlicher Interessenverbände im Felde der Schule, Köln

F. Oelssner 1949, Die Wirtschaftskrisen. Die Krisen im vormonopolistischen Kapitalismus, Berlin

A. Ohlert 1896, Die deutsche höhere Schule. Ein Versuch ihrer Umgestaltung nach den sittlichen, geistigen und sozialen Bedürfnissen unserer Zeit, Hannover

L. M. Osen 1974, Women in Mathematics, Cambridge, Massachusetts and London

D. Otten 1973, Kapitalentwicklung und Qualifikationsentwicklung. Zum logischen und historischen Verhältnis von wirtschaftlich-technischer Entwicklung und Ausbildung des Arbeitsvermögens, Berlin

F. Paulsen 1906, Das moderne Bildungswesen, in: Die Kultur der Gegenwart. Ihre Entwicklung und ihre Ziele, hgg. v. P. Hinneberg, Tl. I, Abt. I, Berlin und Leipzig, S. 54 - 86

J. Perry 1900, England's neglect of science, London

Th. Peters 1902, Die Beteiligung des VDI an der Schulreformbewegung, in: Zeitschrift des VDI 46 (1902), S. 1293 - 1296

Th. Peters 1906, Hochschul- und Unterrichtsfragen, in: Zeitschrift des VDI 50 (1906), S. 616ff.

F. R. Pfetsch 1974, Zur Entwicklung der Wissenschaftspolitik in Deutschland 1750 - 1914, Berlin

F. Pietzker 1889, Humanismus und Schulzweck, Braunschweig

Plato 1919, Die Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ihre Aufgaben und Einrichtungen, in: Die Naturwissenschaften 1919, 7. Jg. Heft 7, S. 97 - 123

Protocolle 1874, Protocolle der im Oct. 1873 im Königlich Preußischen Unterrichts-Ministerium über verschiedene Fragen des höheren Schulwesens abgehaltene Konferenz, Berlin

Prüfungsordnung 1898, Prüfungsordnung für die Kandidaten des höheren Lehramts in Preußen, Halle a.S., neuer Abdruck 1903

F. Redlich 1964, Der Unternehmer. Wirtschafts- und sozialgeschichtliche Studien, Göttingen

Reformvorschläge für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht ("Meraner Pläne") 1905, in: ZmnU 36 (1905) S. 533ff., zit. als ZmnU 36 (1905)

P. Regensburger 1910, Ferienkurs in Mathematik, Chemie und Erdkunde für Oberlehrer und Oberlehrerinnen an höheren Lehranstalten für die weibliche Jugend, in: Zeitschrift "Frauenbildung" 9 (1910), S. 34 - 40, S. 98 - 106

F. Reidt 1871, Rezension zu Ziegler, Ebene und sphärische Trigonometrie, München 1871, in: ZmnU 2 (1871)

F. Reidt (Hrsg.) 1886, Anleitung zum mathematischen Unterricht an höheren Schulen, Berlin (2. rev. und mit Anmerkungen von H. Schotten versehene Auflage Berlin 1906)

W. Rein (Hrsg.) 1895 - 1899^I, Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik, Langensalza, 2. Aufl. 1903ff.

A. Richter 1890, Das Mathematische im physikalischen Unterricht auf den Gymnasien, in: ZmnU 21 (1890), S. 325 - 338

A. Richter 1891, Die Mathematik ist auf den höheren Lehranstalten als Hilfswissenschaft der Naturwissenschaft zu behandeln, in: Jahresbericht über das Matthias Claudius-Gymnasium zu Wandsbek, Progr. No. 281, Wandsbek

A. Richter 1900, Die Entwicklung des mathematischen Unterrichts auf den preußischen Gymnasien während des neunzehnten Jahrhunderts, in: ZmnU 31 (1900), S. 253 - 262

A. Richter 1913, Ergebnisse beim bisherigen Unterricht in der Differential- und Integralrechnung in Gymnasialoberprima, in: ZmnU 44 (1913), S. 384ff.

S. Richter/R. Sonnemann 1963, Zur Problematik des Übergangs vom vormonopolistischen Kapitalismus zum Imperialismus in Deutschland, in: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 1963, Teil 2, Berlin, S. 39ff.

A. Riedler 1895, Zur Frage der Ingenieur-Erziehung, in: Volkswirtschaftliche Zeitfragen, Vorträge und Abhandlungen hgg. v. d. Volkswirtschaftlichen Gesellschaft in Berlin, Heft 126, Berlin

A. Riedler 1896, Die Ziele der technischen Hochschulen, in: Zeitschrift des VDI 40 (1896), S. 301 - 309; S. 337 - 346; S. 374 - 375

M. v. Rohr 1940, Ernst Abbé, Jena

- A. Rohrberg 1910, Zur Frage des mathematischen Unterrichts, in: ZmnU 41 (1910), S. 95ff.
- H. Rosenberg 1967, Große Depression und Bismarckzeit. Wirtschaftsablauf, Gesellschaft und Politik in Mitteleuropa, Berlin
- O. Rühle 1971 (Autorisierter Neudruck der Erstausgabe von 1930), Illustrierte Kultur- und Sittengeschichte des Proletariats, 1. Bd. (2. Bd. nicht erschienen), Frankfurt/M.
- C. Runge 1914, Was ist "angewandte Mathematik"?, in: ZmnU 45 (1914), S. 268 - 271
- W. Ruppel 1904, Über die Berufswahl der Abiturienten Preußens in den Jahren 1875 - 1899. Eine statistische Studie, Fulda (Diss. phil.)
- J. Ruska 1906, Amerikanische Kriegersarithmetik, in: Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften Jg. XXII No. 1 (1906), S. 8 - 10
- A. Sachse 1928, Friedrich Althoff und sein Werk, Berlin
- F. Schilling 1904, Über die Anwendungen der darstellenden Geometrie insbesondere über die Photogrammetrie, in: F. Klein/E. Riecke 1904, 2. Teil und Heft 3, Leipzig und Berlin
- R. Schimmack 1911, Über die Verschmelzung verschiedener Zweige des mathematischen Unterrichts (Habilitationsvortrag am 29. Juli zur Erlangung einer Venia legendi für Didaktik der mathematischen Wissenschaften an der Universität Göttingen) in: ZmnU 42 (1911), S. 56^a - 581
- R. Schimmack 1911a, Die Entwicklung der mathematischen Unterrichtsreform in Deutschland, IMUK-Abhandlungen Bd. III Heft 1, Leipzig und Berlin
- B. Schmid 1906, Philosophisches Lesebuch, Leipzig und Berlin
- B. Schmid 1907, Der naturwissenschaftliche Unterricht und die wissenschaftliche Ausbildung der Lehramtskandidaten der Naturwissenschaften, Ein Buch für Lehrer der Naturwissenschaften aller Schulgattungen, Leipzig und Berlin
- K. A. Schmid (Hrsg.) 1859ff., Encyclopädie des gesamten Erziehungs- und Unterrichtswesens, Gotha
- R. Schmid 1975a, Zur Geschichte und Funktion von leistungsdifferenzierenden Testverfahren, Diss. phil. Bremen
- R. Schmid 1975b, Anmerkungen zur Geschichte und Funktion von Tests, in: betrifft: erziehung 6 (1975), S. 35 - 40

P.-G. Schmid 1966, Entstehung und Durchbildung des Rechenunterrichts an deutschen Volksschulen von den Anfängen bis heute, Diss. phil. Bonn

H. Schmitt 1966, Entstehung und Wandlungen der Zielsetzungen, der Struktur und der Wirkungen der Berufsverbände, Berlin

W. Schöler 1970, Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts im 17. bis 19. Jahrhundert. Erziehungstheoretische Grundlegung und schulgeschichtliche Entwicklung, Berlin

A. Schönflies 1903, Zur Statistik des mathematischen Studiums, in: Jahresbericht der DMV 18 (1909), S. 43ff.

A. Schröter 1966, Einige methodische Fragen der Entstehung und Entwicklung monopolistischer Gruppierungen in Deutschland, in: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 1966, Teil IV, S. 126 - 140

J. Schröder 1913, Die neuzeitliche Entwicklung des mathematischen Unterrichts an den höheren Mädchenschulen Deutschlands insbesondere Norddeutschlands, in: IMUK-Abhandlungen Bd. I Heft 5 (1913), Berlin und Leipzig

E. Schuberth 1971, Die Modernisierung des mathematischen Unterrichts, Diss. Tübingen

H. Schubert 1905^{III}, Beispiel-Sammlung zur Arithmetik und Algebra, Leipzig

A. Schülke 1906, Über die Reform des mathematischen Unterrichts an höheren Schulen, in: ZmnU 37 (1906), S. 161 - 167

A. Schülke 1909, Umkehr oder Fortschritt, in: ZmnU 40 (1909), S. 65 - 73

A. Schülke 1911, Integralrechnung im Unterricht, in: ZmnU 42 (1911), S. 205ff.

B. Schwalbe 1896, Über die Vorbildung der Lehrer für Mathematik und Naturwissenschaften an höheren Unterrichtsanstalten den Forderungen der heutigen Zeit gegenüber, in: Jber. d. DMV 5 (1896), S. 23 - 42

G. Simmel 1958^{VI}, Philosophie des Geldes, Berlin

H. Simon 1910, Der Anteil der Frau an der deutschen Industrie, Jena

M. Simon 1908^{II}, Didaktik und Methodik des Rechnens und der Mathematik, München (Sonderausgabe aus A. Baumeister (Hrsg.), Handbuch der Erziehungs- und Unterrichtslehre für höhere Schulen)

M. Simon 1909, Geschichte der Mathematik im Altertum in Verbindung mit antiker Kulturgeschichte, Berlin

W. Sombart 1913, Der Bourgeois, München und Leipzig
Statistisches Jahrbuch 1915 = Statistisches Jahrbuch für
den Preußischen Staat 12. Jg. 1914, hgg. v. Königlichen
Statistischen Landesamt Berlin 1915

Q. Steinbart 1904, Die Durchführung der preußischen Schul-
reform in ganz Deutschland, Duisburg

H.-G. Steiner 1967, Zur Behandlung des Funktionsbegriffs,
in: H. Behnke, H.-G. Steiner (Hrsg.), Mathematischer Unter-
richt an deutschen Universitäten und Schulen. Berichte von
Studientagungen für belgische und luxemburgische Mathema-
tiklehrer in Münster, Göttingen 1967, S. 139 - 173

H. Steiner 1971, Der sozialökonomische Charakter der Ver-
gesellschaftung der Wissenschaft als theoretische und me-
thodologische Grundlage für ihre wissenschaftstheoretische
Analyse, in: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 19. Jg.
H. 12 (1971), S. 1471 - 1489

E. Stölting 1974, Wissenschaft als Produktivkraft, München

D. J. Struik 1967, Abriß der Geschichte der Mathematik,
Braunschweig

Synopsis für moderne Schulmathematik 1964, hgg. v. d. OECD,
Der Delegierte der Ständigen Konferenz der Kultusminister
bei der OECD, Frankfurt/M.

J. Tannery 1909, Elemente der Mathematik, Leipzig und Ber-
lin

H. Thieme 1890, Die Bedeutung der mathematisch-naturwissen-
schaftlichen Fächer für die allgemeine Bildung, in: ZmnU 21
(1890), S. 81 - 100

H. Thieme 1904, Die Wirkung der wissenschaftlichen Ergeb-
nisse auf den Unterricht in der elementaren Mathematik, in:
ZmnU 35 (1904), S. 576ff.

K. Thiemeyer 1902, Die Mathematik in ihrer Anwendung auf
das Versicherungswesen, Programm des städt. Realprogymna-
siums zu Papenburg 1901 - 1902, Papenburg 1902, Progr. Nr.
336

H. E. Timerding 1914, Die Verbreitung mathematischen Wis-
sens und mathematischer Auffassung, in: K. Hinneberg (Hrsg.),
Die Kultur der Gegenwart, Teil 3, Abt. 1, Leipzig und Ber-
lin

H. Titze 1973, Die Politisierung der Erziehung. Untersuchun-
gen über die soziale und politische Funktion der Erziehung
von der Aufklärung bis zum Hochkapitalismus, Frankfurt/M.

I. Todhunter/K. Pearson 1960, A History of the Theory of
Elasticity and of the Strength of Materials, New York

W. Treue 1960, Wirtschafts- und Sozialgeschichte Deutschlands im 19. Jahrhundert, in: B. Gebhardt, Handbuch der deutschen Geschichte, Bd. 3^{VIII}, hgg. v. H. Grundmann, Stuttgart, S. 315 - 413

P. Treutlein 1912, Die neuen badischen Lehrpläne für Realgymnasien und Oberrealschulen, in: ZmnU 43 (1912), S. 457 - 572

Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften 1 (1895), Frankfurt/M. und Berlin (Organ des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts)

Math. Vaerting 1930, Machtsoziologische Einflüsse auf die Stellung von Mathematik und Naturwissenschaften im Unterricht, in: Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften, 36. Jg. H. 1 (1930), S. 1 - 5

F. v. d. Ven 1972, Sozialgeschichte der Arbeit, Bd. 3 (19. und 20. Jahrhundert), München

Verhandlungen 1891 = Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichts, Berlin, 4. bis 17. Dezember 1890, Im Auftrage des Ministers der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, Berlin 1891

Verhandlungen 1901 = Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichts, Berlin, 6. bis 8. Juni 1900, nebst einem Anhang von Gutachten, herausgegeben im Auftrage des Ministers der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, Halle a.S. 1901

Verhandlungen der GDNÄ - Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Leipzig

L. Viereck 1890, Preußens höheres Schulwesen im Jahre 1888 - 1889, in: ZmnU 21 (1890), S. 298 - 303

B. Voigt 1973, Bildungspolitik und politische Erziehung in den Klassenkämpfen, Frankfurt/M.

H. Volkmann 1966, Carl Zeiß und Ernst Abbé - Ihr Leben und ihr Werk, München (= Reihe: Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte. 34. Jg. (1966), H. 2)

G. Völcker 1891, Die Schule und die soziale Frage, Schönebeck

G. Völcker 1893, Formal-sprachliche Bildung durch den Unterricht in der Muttersprache, Formal-logische Bildung durch den Unterricht in der Mathematik, in: Central-Organ für die Interessen des Realschulwesens, 21. Jg. (1893), S. 474ff., S. 529ff.

- A. Voss 1914, Die Beziehungen der Mathematik zur Kultur der Gegenwart, in: P. Hinneberg (Hrsg.), Die Kultur der Gegenwart, Teil III, Abt. 1, 2. Lieferung, Berlin und Leipzig
- K. Wald-Meyer 1885, Die moderne Berechtigungsjagd auf unseren höheren Schulen. Ernste pädagogisch-militärische Bedenken, Hannover
- H. Wallon, u.a. 1970, Die Wissenschaft im Lichte des Marxismus, Reprint 1970 (Vorträge gehalten in der wissenschaftlichen Kommission der Gesellschaft für das Neue Rußland in Paris in den Jahren 1933/34, Erstauflage Zürich 1937)
- H. Weber 1903, Über die Stellung der Elementarmathematik in der mathematischen Wissenschaft, in: ZmnU 34 (1903), S. 293 - 297 und in: Jber. d. DMV 12 (1903), S. 398 - 401
- H.-U. Wehler 1969, Bismarck und der Imperialismus, Köln und Berlin
- H.-U. Wehler 1973a, Geschichte als Historische Sozialwissenschaft, Frankfurt/M.
- H.-U. Wehler 1973b, Das Deutsche Kaiserreich 1871 - 1918, Göttingen
- H. Weinreich 1915, Die Fortschritte der mathematischen Unterrichtsreform in Deutschland seit 1910, in: Beihefte zur ZmnU H. 4, Berichte und Mitteilungen veranlaßt durch die IMUK, Leipzig und Berlin 1915
- A. Wernicke 1897, Allgemeinbildung und Berufsbildung, in: Verhandlungen der GDNA 1897 (Braunschweig), 2. Teil 1898, S. 234 - 254
- A. Wernicke 1900, Weltwirtschaft und Nationalerziehung, in: Neue Jahrbücher für Pädagogik, Leipzig 3. Jg. (1900), S. 30 - 58
- Wiese-Kübler 1886^{III}, Verordnungen und Gesetze für die höheren Schulen in Preußen, Berlin
- L. Wiese 1902, Das Höhere Schulwesen in Preußen Bd. 4 (1874 - 1901), hg. v. B. Irmer, Berlin
- K. Wigand 1953, Die stundenzahlmäßige Entwicklung des mathematischen Unterrichts an den deutschen höheren Schulen, in: Math.-Phys. Semesterberichte, 3 (1953), S. 252 - 255
- O. Willmann, E. M. Roloff 1913 - 1917, Lexikon der Pädagogik, 5 Bde., Freiburg i. Breisgau
- C. v. Wolff 1750, Der Anfangsgründe aller Mathematischen Wissenschaften 1. Teil, Frankfurt und Leipzig, 1750 (Halle 1710), 2. Teil Halle 1750, 3. Teil Halle 1750, 4. Teil Halle 1750

J. W. A. Young 1906, Die Reformbewegung im mathematischen Unterrichte in den Vereinigten Staaten Nordamerikas, in: Jber. der DMV 15 (1906), S. 131 - 141

F. Zahn 1929, Die Entwicklung der räumlichen, beruflichen und sozialen Gliederung des deutschen Volkes seit dem Aufkommen der industriell-kapitalistischen Wirtschaftsweise, in: B. Harms (Hrsg.), Volk und Reich der Deutschen I, Berlin 1929, S. 220 - 279

Zeitschrift für lateinlose höhere Schulen, Leipzig und Berlin

ZmnU = Zeitschrift für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht 1 (1870)ff., Leipzig und Berlin

Zeitschrift für Schulgesundheitspflege und soziale Hygiene 1 (1888)ff., Leipzig und Hamburg

Zeitschrift des VDI 1 (1857)ff., Berlin

Th. Ziegler 1917^{IV}, Geschichte der Pädagogik mit besonderer Rücksicht auf das höhere Unterrichtswesen, München

J. Zinnecker 1973, Sozialgeschichte der Mädchenbildung, Weinheim und Basel

P. Zühlke 1914, Angewandte Mathematik und Schule, in: ZmnU 45 (1914), S. 478 - 487

Lebenslauf

Ich wurde am 8.7.1942 als erstes Kind des Arbeiters Hans Kennemann und der Kindergärtnerin Liselotte Kennemann, geb. Jochum, in Neumarkt/Opf. geboren.

Von 1948 bis 1952 besuchte ich die Volksschule in Uehlfeld/Aisch, anschließend die Oberrealschulen in Neustadt/Aisch und - ab 1959 - in Neumarkt/Opf.

Im Juli 1961 machte ich Abitur. Nach zweisemestrigem Studium der Archäologie in Heidelberg begann ich im WS 1962/63 mit dem Studium der Mathematik und Physik an der Universität Erlangen-Nürnberg, das ich 1965 mit dem 1. Staatsexamen für das Lehramt an Realschulen in den Fächern Mathematik und Physik abschloß. 1967 legte ich mein 2. Staatsexamen ab. Von 1966 bis 1968 unterrichtete ich an der Staatlichen Realschule in Herzogenaurach. Seit dem WS 1967/68 studiere ich Pädagogik, Philosophie und Soziologie an der Universität Erlangen-Nürnberg.

Ich war von 1967 bis 1973 mit R. Inhetveen verheiratet; am 2.1.1970 wurde Katharina Inhetveen geboren.

Meine Studien konnte ich mit der Unterstützung der Bayerischen Begabtenförderung und der Graduiertenförderung finanzieren.

erlanger pädagogische studien

Die vorliegende Arbeit unterzieht die Meraner Reform des gymnasialen Mathematikunterrichts um die Jahrhundertwende einer umfassenden Analyse, wobei über den rein fachdidaktischen Rahmen hinaus auch der gesellschaftliche Kontext mitberücksichtigt wird.

Die Bestrebungen der reformengagierten Gruppen (mathematische, naturwissenschaftliche, medizinische, technische Intelligenz und reformindustrielles Kapital), einzelner Persönlichkeiten wie Felix Klein, der als ein wichtiger Promoter der Reform gilt, sowie die methodischen und inhaltlichen Reformen werden als Ausdruck jener umfassenden sozioökonomischen Umbrüche im Deutschen Kaiserreich interpretiert.

Dieses große Reformwerk begegnet auch heute noch breitem Interesse, weil es als chronologischer Vorläufer und inhaltlicher Ausgangspunkt der gegenwärtigen, teilweise sehr heftig umstrittenen Reform des mathematischen Unterrichts angesehen werden kann.

So bezieht diese Arbeit ihre Bedeutung nicht nur aus dem historischen Feld, sondern auch aus ihrer Verflechtung mit unverändert aktuellen Problemstellungen.